for the Library of the College of Surgeons
from the Auth

(7.)

UEBER

DIE TEMPERATURUNTERSCHIEDE

DES VENÖSEN UND ARTERIELLEN BLUTES.

Inauguralabhandlung,

der

medicinischen Facultät zu Giessen

bei

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt

von

Georg v. Liebig
aus Giefsen.

Præses : Prof. Dr. Bischoff.

Giefsen, 1853.
Druck von Wilhelm Keller.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b22393699

Einige im Jahre 1851 von mir unter dem Titel „Ueber die Respiration der Muskeln“ in Müller's Archiv veröffentlichte Versuche, welche für die durch die Arbeiten des Herrn Professor Magnus in Berlin vorzüglich begründete Wahrscheinlichkeit, dafs der Ort der Wärmebildung im thierischen Körper hauptsächlich in dem Capillarsysteme des grofsen Kreislaufes gesucht werden müsse, zu sprechen schienen, stellten mir eine Wiederaufnahme der Untersuchungen über die Temperaturunterschiede des venösen und arteriellen Blutes als nothwendig dar, um zu einer allgemein gültigen Bestätigung oder Verwerfung dieser Ansicht zu gelangen.

Zu diesem Zwecke habe ich die folgenden Versuche unternommen, deren Resultat mir, wenn es sich, wie ich nicht zweifle, bei jeder neuen Prüfung wiederholen wird, die Wahrheit der von Magnus begründeten Ansicht vorläufig aufser Frage zu stellen scheint.

Den Erfolg meiner Bemühungen verdanke ich zum grofsen Theile der freundlichen Theilnahme meines verehrten Lehrers, des Herrn Professor Bischoff, der mir sowohl die Mittel des physiologischen Instituts in Giefsen zu Gebote stellte, als auch durch seinen Rath und Beistand das Zustandekommen vieler meiner Versuche allein möglich machte.

Ich freue mich Herrn Professor Bischoff, sowie meinen Freunden, den Herren Adolf Weber, Wilhelm Bruel und Philipp Würth, welche mich bei der Ausführung meiner Versuche unterstützten, öffentlich meinen Dank ausdrücken zu können.

Die Vertheilung der Oberfläche auf die Masse ist an den verschiedenen Theiles des thierischen Leibes nicht dieselbe. Die Glieder, der Kopf und Hals besitzen eine verhältnifsmäfsig grofse Oberfläche, während am Rumpfe die Masse gröfser ist. Die Wärmeabgabe nach Aufsen richtet sich nach der Oberfläche; in den ihr zunächst gelegenen Theilen mufs also überhaupt eine niedrigere Temperatur herrschen, als in den tiefer gelegenen und an den Gliedern mufs der Wärmeverlust gröfser sein, als am Rumpfe.

Die Berechnungen, welche verschiedene Beobachter über den Wärmeverlust des Körpers angestellt haben, stimmen dahin überein, dafs über $^2/_3$ aller Wärme durch Ausstrahlung von der Oberfläche und noch nicht $^1/_8$ durch die Verdampfung und Erwärmung der Luft in den Luftwegen verloren gehe. (1). Man mufs hiernach erwarten, dafs in den unter der Haut liegenden Venen der Glieder und des Halses eine niedrigere Temperatur herrsche, als in den tiefer gelegenen, ihnen entsprechenden Arterien, und dieser Unterschied wird von allen denen, die Versuche darüber gemacht haben, angegeben. Allein aus denselben Gründen, welche diesen Unterschied erklären, mufs man sich hüten, denselben als einen charakteristischen Unterschied zwischen dem arteriellen und venösen Blute überhaupt anzunehmen, wie es einige Beobachter, die über die Temperaturdifferenz der beiden Blutarten gearbeitet haben, thun. Zu einem sicheren Resultate gehört wesentlich die Untersuchung des Blutes unmittelbar vor seinem Eintritte in die Lungen und unmittelbar nach seinem Austritte aus denselben, also einerseits in dem rechten Vorhof oder Ventrikel und andererseits in dem linken Herzen oder in der Aorta adscendens, bei fortdauernder möglichst ungestörter Circulation durch die Lungen. Operirt man an todten Thieren, oder an blosgelegten Theilen lebender, so mufs man besondere Aufmerksamkeit auf die Verhütung der schnelleren Abkühlung der dünnen Venen oder der rechten Herzkammer gegen die langsamere des linken Herzens oder der Arterien verwenden, die sehr grofse Temperaturunterschiede bewirken kann, wie in der Folge gezeigt werden wird. Am lebenden Thiere, bei nicht geöffnetem Thorax werden solche Vorsichtsmafsregeln unnöthig.

---

(1) H. Nasse, Wagner's Handwörterbuch der Physiol, Bd. IV, 1. Lieferung, S. 73.

Da nun bei allen bisherigen Versuchen die Berücksichtigung der angedeuteten Fehlerquellen meistens fehlte, und eine sichere Kenntnifs der Temperaturen beider Blutarten zur Bildung einer richtigen Ansicht über den Ort der Wärmeerzeugung im Körper durchaus erforderlich ist, so hielt ich es für nothwendig, neue Beobachtungen über diesen Gegenstand anzustellen. Ich werde die verschiedenen Methoden, welche man zur Bestimmung des Temperaturunterschiedes der beiden Blutarten anwandte, in der folgenden kurzen geschichtlichen Uebersicht angeben.

Die meisten älteren Beobachter sprechen sich für die höhere Temperatur des arteriellen Blutes aus, und nur wenige, deren Versuche in den neueren Werken durchaus nicht gehörig beachtet, oder gar nicht erwähnt sind, für die gleiche Temperatur der beiden Blutarten, oder für die höhere des venösen Blutes.

Haller (1) erwähnt zwei Beobachter, nämlich Schwenke, der die Temperatur des arteriellen Blutes zu 37,2°, die des venösen zu 36,1° bestimmte und Martine, der angiebt, das venöse Blut besitze eine so wenig niedrigere Temperatur als das arterielle, dafs der Unterschied nicht mefsbar sei.

Crawford (2) liefs aus der Carotis und der Jugularis eines Schafes Blut ab und fand die Temperatur des ersteren 38,8°, die des letzteren 37,5°.

Krimer (3) verglich das aus der Schläfenarterie und der Jugularis eines Mannes entleerte Blut und fand die Temperatur des ersteren 38,18°, die des letzteren 37,2°. Bei einer Frau besafs das aus der Schläfenarterie gelassene arterielle Blut 37,5°, das aus der Jugularis erhaltene 36,6°. Bei der Amputation eines Vorderarms zeigte das arterielle Blut 37,2°, das Venenblut 36,3°.

Scudamore (4) mafs die Wärme des aus der Carotis und Jugularis eines Schafes erhaltenen Blutes und fand in zwei Fällen die des arteriellen Blutes 37,7°, die des venösen 36,6°. In zwei Fällen, wo er einem Manne am Arm und aus der Art. temporalis zur Ader liefs, fand er die Temperatur des arteriellen Blutes im Blutstrom 36,1°, die des Venenblutes 35,5°.

Alle bisher genannten Beobachter bedienten sich des Fahrenheit'schen Thermometers, dessen Angaben ich überall in die des hunderttheiligen übersetzt habe. Crawford mafs die Temperatur des Blutes, wie es scheint, in dem Gefäfse, in welchem er es auffing.

---

(1) Elementa Physiologiae. Lausannae MDCCLX, T. II, p. 9 und 11.

(2) Versuche und Beobachtungen über die Wärme der Thiere etc. von D. A. Crawford, Leipzig 1799, S. 212.

(3) Versuch einer Physiologie des Blutes von W. Krimer. Leipzig 1823, I. Theil, S. 242.

(4) Ein Versuch über das Blut von Scudamore. Würzburg 1826, S. 32. 33. 40. 42.

Krimer und Scudamore hielten die Quecksilberkugel in den Blutstrom. Es ist kaum nöthig, hier die Unvollkommenheit der Methode hervorzuheben; die Venen waren oberflächlich, das Blut war mit Luft in Berührung und man konnte bei Krimer und Scudamore des vollkommenen Umgebenseins der Thermometerkugel mit Blut nicht gewifs sein und bei dem langsameren Ausfliefsen des venösen Blutes gegenüber dem arteriellen war eine stärkere Abkühlung des ersteren unvermeidlich.

Saissy (1) brachte bei einem Murmelthiere und einem Igel, nachdem er diesen Thieren die Brust geöffnet hatte, durch einen Einschnitt in die rechte Herzkammer und einen andern in den linken Vorhof zwei verglichene Reaumur'sche Thermometer in diese Höhlen. Ferner verglich er die Temperatur derselben Theile an Haselmäusen und Fledermäusen, indem er hier wegen der Kleinheit dieser Thiere jedesmal zwei Thiere von gleicher Körperwärme nahm und dem einen die Kugel des Thermometers in die rechte Herzkammer, dem andern in den linken Vorhof brachte. Er fand hier folgende Temperaturunterschiede:

	Arterielles Blut. °C.	Venöses Blut. °C.	Differenz. °C.
Murmelthier . . .	38,5	38	0,5
Igel	36,5	36	0,5
Eine grofse Haselmaus .	38	37,5	0,5
Eine grofse Fledermaus .	31,5	31.	0,5

Die Brauchbarkeit dieser Versuche ist, abgesehen von dem Mangel einer genaueren Angabe ihrer Ausführung, der Kleinheit der Thiere und der durch Eröffnung der Brust und der Herzhöhlen herbeigeführten, nach der Beschaffenheit derselben verschiedenen Abkühlung der verschiedenen Herzhälften, schon deshalb sehr gering, weil bei ihnen der einzig mögliche Grund eines Unterschiedes beider Blutarten, nämlich der Kreislauf des Blutes durch die Lungen, aufgehoben war.

Die Versuche von J. Davy (2) wurden zum Theil in der Art angestellt, dafs er die Jugularis bloslegte, und ein Fahrenheit'sches Thermometer etwa einen Zoll weit in die Vene einbrachte, während er die Carotis öffnete und das Thermometer in den Strahl des arteriellen Blutes blos eintauchte. Er benutzte verschiedene Thiere und seine Versuche ergaben bei einer Lufttemperatur von 15,5° bis 21° folgende Resultate:

(1) Reil's Archiv Bd. XII, 1815, S. 344.
(2) Meckel's Archiv Bd. I, 1815, S. 109.

		Venöses Blut. °C.	Arterielles Blut. °C.	Differenz. °C.
Lamm	1.	39,1	40,0	0,9
„	2.	40,0	40,5	0,5
„	3.	40,0	40,5	0,5
„	4.	39,7	40,5	0,8
„	5.	40,0	40,5	0,5
Schaf	6.	39,7	40,2	0,5
„	7.	39,1	40,0	0,9
„	8.	39,4	40,0	0,6
Ochs	9.	37,7	38,6	0,9
„	10.	38,3	38,3	0,0

Bei dieser ersten Reihe von Versuchen war das Thermometer, wenn es nach dem Kopfe zu in die Vene eingeführt war, von stehendem Blute umgeben, welches seine Temperatur der der Luft bald mehr oder weniger nähern mufste. War es nach unten eingeführt, so konnte es bei der geringen Tiefe der Einführung, wenn oberhalb unterbunden war, nur sehr wenig von Blut umgeben sein und es mufste die Temperatur der Wände des Gefäfses annehmen. Liefs man das Blut während das Thermometer in der Vene war, circuliren, so mufste die Kugel den Blutlauf hemmen uud dadurch ebenfalls zu fehlerhaften Resultaten Veranlassung geben.

Man erkennt den Einflufs der angegebenen Fehlerquellen schon an den grofsen Verschiedenheiten, welche die ersten acht Beobachtungen in den Venen unter sich darbieten. Die Temperaturen des Venenblutes schwanken im Bereiche von 0,9, während die arteriellen nur im Bereiche von 0,5° unter sich differiren. Aus demselben Grunde sind die Differenzen zwischen dem venösen und arteriellen Blute von sehr wechselnder Gröfse, indem sie beim Schafe und Lamme 0,5° bis 0,9°, beim Ochsen 0,0° bis 0,9° betragen.

Ein anderer Theil seiner Versuche beschäftigte sich mit der Temperatur beider Herzhälften bei etwa vier Monate alten Lämmern. Er führte den Thieren gleich nach dem Tode, während sich die Vorhöfe noch zusammenzogen, das Thermometer durch einen kleinen Einschnitt an der Grundfläche der Kammern in diese ein, und untersuchte zu gleicher Zeit die Wärme des Mastdarms.

	Mastdarm °C.	Rechter Ventrikel °C.	Linker Ventrikel °C.	Differenz °C.
1.	40,0	40,8	41,1	0,3
2.	40,5	40,5	41,1	0,6
3.	40,5	40,8	41,1	0,3

Durch die Einschnitte in die Ventrikel mufsten sich die Herzen zum Theil entleeren und damit wurde die bei dem Offenstehen des Thorax durch die Verdunstung hervorgeru-

fene Abkühlung der Wände des rechten Ventrikels noch beschleunigt. Für diese Versuche gilt dieselbe Kritik, wie für die von Saissy.

W. Nasse (1) benutzte zu seinen Versuchen Hühner, denen er die Brust und den Herzbeutel öffnete und in die linke Kammer des frei pulsirenden Herzens einen Einstich machte. Darauf wurde ein Reaumur'sches Thermometer (2), welches einen länglichen Kolben statt einer Kugel hatte, entweder durch die Oeffnung ins Herz gesteckt, oder in den Blutstrom gehalten. Die so erhaltenen Temperaturen wurden mit der Temperatur der Kloake verglichen. Nasse fand die Kloake bei 8 unter 12 Versuchen um 0,10° bis 0,60° wärmer, als das Blut des linken Ventrikels. Bei drei Versuchen waren beide Theile gleich warm und bei einem Versuche war das Blut des linken Ventrikels um 0,10° wärmer. In Betracht der Abkühlung der Brusthöhle bei einer äufseren Temperatur von 12° bis 18°, nimmt er dann an, dafs die Wärme der linken Kammer der Temperatur in der Kloake ungefähr gleich sei, und läfst es dahin gestellt, ob das Blut in der Kloake dieselbe Wärme, die es in der linken Kammer besitzt, beibehalten habe, oder ob die Kloake selbst Wärme erzeuge. Bei einer andern Reihe von Versuchen wurden mehrere Lungenvenen durchschnitten und die Wärme des daraus hervorströmenden Blutes ebenfalls mit der Wärme der Kloake verglichen. Hier fand er das Blut der Lungenvenen um 0,60° bis 1,56° kälter als die Kloake. Eine Vergleichung des linken Vorhofs mit der Kloake gab in 8 Versuchen dasselbe Resultat. Die Temperatur des rechten Ventrikels wurde nach derselben Methode in 5 Versuchen um 0,90° bis 1,80° niedriger als die der Kloake gefunden.

Aus allen diesen Versuchen schliefst Nasse, dafs das Blut der linken Herzkammer um etwa 1° wärmer sei, als das der rechten.

Gegen die Methode läfst sich neben dem schon bei Saissy gerügten Fehler hauptsächlich der Mangel einer directen Vergleichung anführen; aufserdem ergiebt schon die fast immer höhere Temperatur der Kloake, dafs das ganze Herz und besonders die rechte Kammer eine starke Abkühlung erlitten haben müsse.

Eine Wiederholung der J. Davy'schen Versuche, die Nasse anstellte, indem er den lebenden Thieren die Brust öffnete, dieselben dann tödtete und darauf sogleich in jeden Ventrikel ein Thermometer einführte, ergab folgende Resultate :

	rechte Kammer	linke Kammer	Differenz
1.	41,25	42,80	1,55
2.	40,60	41,80	1,20
3.	41,25	42,50	1,25.

(1) Medicinisches Correspondenzblatt für rheinische und westphälische Aerzte, Jahrg. 1843, Nr. 13, S. 215.

(2) Alle Temperaturangaben sind in Grade des hunderttheiligen Thermometers übertragen.

Becquerel und Breschet (1) machten einige Versuche über die Temperatur der beiden Blutarten mit dem thermoelectrischen Apparat, dessen Beschreibung ich übergehen zu dürfen glaube, da sie bereits in die Lehrbücher der Physiologie übergegangen ist. Es wurden zwei aus einem Kupfer- und einem Stahldraht zusammengesetzte Nadeln mit den Löthstellen in die blosgelegten Venen und Arterien gebracht, deren Temperaturdifferenz gemessen werden sollte. Die Nadeln waren so dünn zugespitzt, dafs sie beim Durchstechen der Gefäfse keinen Blutverlust veranlafsten und waren an den Löthstellen etwas gekrümmt. Um das Verschieben der Nadeln zu verhüten, wurden sie mit einem Seidenfaden an einen Elfenbeinstab befestigt, den einer der Experimentatoren während der Dauer des Versuches in der Hand hielt. Die Nadeln waren mit Drähten sowohl direct unter sich, als mit dem Multiplicator verbunden und es wurden also auf diese Weise blos die Temperaturdifferenzen und nicht die ganzen Temperaturen bestimmt.

Die Versuche wurden an vier Hunden mittlerer Gröfse vorgenommen.

Der erste Versuch wurde gemacht, indem einem Hunde die Brust geöffnet und die eine Nadel in die Aorta, an ihrem Austritt aus dem Herzen, die andere in die Vena cava descendens dicht vor ihrem Eintritt in den rechten Vorhof gebracht wurde. Die Lungen waren zusammengefallen und versahen ihren Dienst sehr unvollkommen, so dafs das Blut, welches aus der Aorta aussickerte, fast schwarz war. Bei diesem Versuche wurde das arterielle Blut um 0,84° wärmer gefunden, als das Venenblut. Es wurden ferner an anderen Hunden verglichen :

	Höhere Wärme der Arterie
Zweiter Hund.	°C.
Arteria und Vena cruralis	1,12°
Dritter Hund.	
Arteria und Vena cruralis	0,84°
Vierter Hund.	
Unterer Theil der Carotis und Vena cruralis	0,84°.

Bei einer Bestimmung der ganzen Temperaturen der Vena jugularis und der Arteria cruralis fand sich die Temperatur der :

Vena jugularis	Arteria cruralis	Differenz.
38,00°	38,90°	0,90°

Eine andere Reihe von Versuchen bezog sich auf die Temperaturverschiedenheit in demselben System ; man fand :

1) die Carotis um 0,15° wärmer, als die Art. cruralis;

2) die Jugularis externa um 0,30° wärmer, als die Vena cruralis ;

(1) Ann. des sciences naturelles; 1837, 2. Série. T. VII. S. 97 u. f.

Wenn wir auch annehmen, dafs die genannten Beobachter der Sicherheit ihres complicirten Apparates und ihrer Geschicklichkeit gewifs waren, so ist doch gegen die Methode noch Manches einzuwenden. Es ist schwer bei so kleinen Gefäfsen, wie die Schenkelgefäfse bei Hunden mittlerer Gröfse, die Berührung der Löthstellen der Nadeln, und wenn sie auch noch so dünn sind, mit den Wänden der Gefäfse zu vermeiden, besonders bei den Venen, die sich leicht abplatten. Hierdurch ist eine Quelle der Abkühlung durch die Verdunstung der blosgelegten Venen an ihrer Oberfläche gegeben, deren Einflufs aufserdem durch die dünneren Wände der Venen gegenüber den Arterien begünstigt wird. Die Arterien bleiben zwar hohl, allein ihr Lumen verändert sich sehr leicht, wenn sie mechanisch gereizt werden, was beim Durchstechen von Nadeln ja nicht zu vermeiden ist.

Ueber das Verhalten der Gefäfse in dieser Beziehung, sowie über die Gröfse der Nadeln im Verhältnifs zu den Gefäfsen ist in der Abhandlung nichts angegeben.

Zu den angeführten Schwierigkeiten kommt noch die Möglichkeit, dafs sich um die Nadeln Gerinnsel bilden, wodurch das Resultat unsicher gemacht wird.

Bei den Versuchen in der Brusthöhle waren die Lungen aufser Function und die Gefäfse, besonders die Cava descendens mit ihrer grofsen Oberfläche, der Abkühlung sehr stark ausgesetzt. Aufserdem ist das Blut der Vena cava descendens schon a priori etwas kühler, als das Blut der Cava adscendens anzunehmen, weil der Kopf, der Hals und die Beine der Abkühlung nach Aufsen sehr leicht zugänglich sind, und man darf deshalb das bei diesen Versuchen gefundene Resultat nicht auf das venöse Blut überhaupt beziehen.

Ein hauptsächliches Bedenken ist der Mangel an Uebereinstimmung unter den Resultaten, wovon ich ein Beispiel geben will. Die Jugularis wurde um 0,30° und die Arteria cruralis um 0,84° und 1,12° wärmer, als die Vena cruralis, gefunden. Hiernach hätte der Unterschied zwischen der Jugularis und Arteria cruralis höchstens entweder 0,54° oder 0,82°, im Mittel 0,68 betragen dürfen, die directe Messung der Temperatur ergab aber 0,90°. Bei so geringen Unterschieden, wo es auf Hunderttheile von Graden ankommt, ist eine Abweichung von 0,22° vom Mittel zu grofs, um Vertrauen erwecken zu können.

Die Anzahl der angestellten Versuche ist zu gering, um ein Urtheil über die Ursachen der bedeutenden Abweichungen, also auch über ihre Zuverlässigkeit zu erlauben, und die gefundenen Differenzen sind durchschnittlich gröfser, als bei den Davy'schen Versuchen, was auf das Vorhandensein bedeutender Fehlerquellen schliefsen läfst.

Ich gehe nun zu denjenigen Arbeiten über, die für die höhere Temperatur des venösen Blutes sprechen und von denen die früheren in den neueren physiologischen Werken nicht erwähnt werden. Ich konnte blos von drei Beobachtern die angestellten Versuche im Original lesen, während ich die anderen aus Citaten kenne.

In Treviranus' Biologie (1) findet sich eine Angabe, nach welcher Ashley, Cowper und Coleman die Wärme des Venenbluts anfangs immer um einen Grad Fahrenheit höher fanden, als die des Schlagaderbluts, welches letztere nach fünf Minuten um drei bis sechs Grade wärmer wurde, als das erstere, diese Wärme aber bald wieder verlor. Die Methode ist nicht angegeben. J. Davy erwähnt Cooper und Coleman als solche, mit deren Beobachtungen die seinigen nicht übereinstimmen.

Nach einer Anmerkung in Reil's Archiv (2) erdrosselte Coleman (3) die Hunde, oder er tödtete sie durch Untertauchen unter Wasser, oder versetzte sie durch diese Mittel wenigstens in den Zustand des Scheintodes. Darauf wurde einigen von ihnen so lange Luft in die Lungen geblasen, bis sich das Blut in ihrem linken Herzen wieder hellroth färbte. Er fand nun das Blut in der rechten Herzkammer der Thiere stets um zwei bis drei Grad Fahrenheit wärmer, als in der linken. Das Genauere über die Anstellung der Versuche, deren zahlreiche Fehlerquellen aber leicht ersichtlich sind, namentlich auch in dem Einblasen von Luft bei unvollkommenem Kreislauf, wodurch Abkühlung bedingt werden mufste, ist nicht angeführt.

Krimer (4) erwähnt einer Angabe Thakerah's (5), nach welcher die Temperatur des kreisenden Blutes in den Arterien und Venen nach Verhältnifs ihrer Entfernung vom Herzen gleich sein soll, nämlich 36,6 bis 38,8°, allein seine Methode ist nicht mitgetheilt.

Mayer (6) fand zwar bei Pferden das Blut in der Vena jugularis um 1 bis 2° kälter, als in der Carotis, allein er konnte an frisch getödteten Thieren nie einen Unterschied des Blutes der beiden Höhlen des Herzens finden.

Autenrieth (7) fand bei lebenden Thieren, deren Brust schnell geöffnet und deren Lungen aufgeblasen wurden, in der linken Kammer immer 1 bis 2° F. (0,55° bis 1,10°C.) weniger Wärme, als in der rechten; wenn aber dem Blute in den Kammern Zeit zum Gerinnen gelassen wurde, so war dann die Wärme des Bluts in der linken Kammer um mehrere Grade gröfser, als in der rechten.

Die zuletzt angeführten Beobachter geben nicht an, ob zwei oder ein Thermometer angewandt wurde, oder nicht, ebensowenig, ob das Thermometer vorher auf die Blutwärme erwärmt war, und in welchen Ventrikel es zuerst gebracht wurde. Diese Versuche leiden aufserdem an denselben Mängeln der Unterbrechung des Lungenkreislaufs, der Eröffnung der Brust und des Herzens, der ungleichen Abkühlung etc., welche ich schon früher

(1) Bd. V, S. 66.
(2) Bd. XII, S. 420.
(3) Coleman, Dissertation on suspended Respiration. London 1791.
(4) a. a. O. S. 239.
(5) Thakerah, an Inquiry into the nature and properties of the Blood. Lond. 1819. 8.
(6) Meckel's Archiv, Bd. III, S. 457.
(7) Handbuch der empirischen menschlichen Physiologie. Tübingen 1801. I. Theil, S. 350—351.

bei anderen Autoren, die das entgegengesetzte Resultat erhielten, gerügt habe. Die Beobachtung von Coleman, Cowper und Autenrieth, dafs anfangs das Blut des rechten Ventrikels und dann das des linken wärmer war, beruht auf der schnelleren Abkühlung des rechten Ventrikels durch Verdunstung an der Luft, wegen seiner dünneren Wände, wie ich durch einige meiner Beobachtungen nachweisen werde.

Valentin (1) erwähnt einer Beobachtung von Berger (2), wo dieser den rechten Vorhof eines Schafes 41,40° und den linken 40,90° warm fand; hier war also der rechte Vorhof um 0,5° wärmer, als der linke. Die Methode ist nicht angegeben.

Eine interessante Beobachtung machte Hering (3) an einem mit Ectopie des Herzens behafteten Kalbe. Er machte am lebenden Thiere einen Schnitt in jeden Ventrikel und bestimmte durch eine eingebrachte lange Glasröhre den durch die Contraction jeder Kammer hervorgebrachten Druck. Die Oeffnungen schlossen sich nach dem Herausnehmen der Röhren wieder, ohne dafs ein Ausströmen des Blutes erfolgte. Er setzte darauf kurze Röhren ein, und liefs das Blut frei ausströmen. Ein Thermometer von hinreichend grofsen Graden, um leicht ½ und ¼ unterscheiden zu können, wurde zuerst an die rechte Oeffnung gehalten und das Blut eine Zeit lang auf die Kugel des Thermometers geleitet. Es zeigte gleichmäfsig 31½° R. Sodann wurde dasselbe an der Oeffnung des linken Ventrikels wiederholt, hierbei aber blos 31° R. eben so gleichmäfsig erhalten. Der Versuch wurde so lange als möglich fortgesetzt, allein der Stand des Thermometers änderte sich nicht, sondern blieb im Maximum auf 31° R.

Die Methode ist hier eben so unvollkommen, wie bei Scudamore und Krimer, allein das Resultat ist das entgegengesetzte. Eine hauptsächliche Fehlerquelle liegt darin, dafs das Blut des rechten Herzens zuerst untersucht wurde, wodurch Abnormitäten in der Circulation erregt werden mufsten, die das darauf bei dem Blute des linken Ventrikels erhaltene Resultat unsicher machen konnten.

Ich gehe jetzt zur Darstellung meiner eigenen Versuche über. Dieselben wurden an todten und lebenden Thieren angestellt. Mit beiden Versuchsweisen gelangte ich im Allgemeinen zu demselben Resultate, nämlich dafs man in den Lungen eine stärkere Wärmebildung, als in den übrigen Theilen des Körpers nicht annehmen kann. Die Versuche an lebenden Thieren geben insbesondere nähere Aufschlüsse über das Verhalten der verschiedenen Temperaturen des venösen Blutes in verschiedenen Theilen des Gefäfssystems, worauf ich später zurückkomme. Zunächst werde ich meine Versuche an todten Thieren mittheilen, weil sich hierbei die Gelegenheit ergiebt, die Fehlerquellen der früheren Methoden genauer kennen zu lernen.

---

(1) Handbuch der Physiologie. 2. Auflage, Bd. I, S. 133.

(2) Berger, Mém. de la société de Physique et d'histoire naturelle de Genève. T. VI, 1833.

(3) Archiv für physiol. Heilkunde von Vierordt, 1850, 1. und 2. Heft, S. 18.

Alle diejenigen Beobachter, welche bisher die Temperatur des Ventrikel kurz nach dem Tode oder noch während des Lebens gemessen haben, nahmen an, dafs die Wände derselben die ihnen von dem durchströmenden Blute mitgetheilte Temperatur einige Zeit behielten und dafs eine Messung der Temperatur der mehr oder weniger mit Blut gefüllten Herzhöhlen daher zugleich die Temperaturen des venösen und arteriellen Blutes geben müfsten. Diese Ansicht mochte für das linke Herz wohl eher gegründet sein, da dieses sehr dicke Wände hat, weshalb die Abkühlung nach Aufsen schon längere Zeit dauern mufs, bis sie einen bedeutenden Einflufs auf die Temperatur der inneren Oberfläche ausübt. Für das rechte Herz ist sie indessen unrichtig, da die Dicke seiner Wände nur die Hälfte bis ein Drittheil der Dicke der Wandungen des linken Ventrikels beträgt, und da sich die äufsere Abkühlung deshalb sehr schnell in dem rechten Ventrikel bemerklich machen mufs.

Bei vielen der früheren Versuche ist aus diesem Grunde durchaus keine Rücksicht darauf genommen worden, ob die Ventrikel mit Blut gefüllt waren, oder nicht. Bei anderen vermifst man aufserdem noch die Beachtung der normalen oder abnormen Beschaffenheit des arteriellen Blutes zur Zeit des Versuchs.

Bei den Versuchen an todten Thieren war also hauptsächlich im Auge zu behalten:

dafs die beiden Ventrikel mit Blut gefüllt waren;

dafs das Blut des linken Herzens seine helle rothe Farbe besitze und

dafs der Fehler der Abkühlung vermieden, oder seine Gröfse in Rechnung gebracht werde.

Diese Bedingungen suchte ich in folgender Weise zu erfüllen. Die Hunde wurden mit dem Rücken auf ein Bret gelegt und in dieser Lage an den Beinen festgebunden, und dann durch den Genickstich getödtet. Wird der Genickstich gut ausgeführt, so hören alle Respirationsbewegungen des Thorax sogleich auf, obwohl die Pulsationen des Herzens bisweilen noch kurze Zeit andauern. Dieselben wurden jedoch bei gelungenem Genickstich nach der Eröffnung der Brusthöhle, die innerhalb einer Minute nach dem Tode des Thieres geschehen war, entweder gar nicht mehr beobachtet, oder nie mehr so bedeutend gefunden, dafs sie die Circulation hätten im Gang erhalten können. Um das Zusammenfallen der Lungen zu verhüten, wurde den Thieren gleich nach dem Genickstich und vor der Eröffnung der Brusthöhle ein Handtuch oder ein Strumpf, den sie vorher über dem Kopfe hatten, um ihnen das Sehen unmöglich zu machen, da sie sich dann leichter behandeln liefsen, in der Gegend des Zungenbeins fest um den Hals gebunden. Hierdurch wurde das Tröpfeln des Blutes aus der Genickwunde verhindert und zugleich die Stimmritze verschlossen, so dafs die Lungen noch mit Luft gefüllt waren, die man bei späterem Lösen des Strumpfes oder Handtuches, bei geöffnetem Thorax, sich durch die Nase entleeren hörte, während die Lungen gleichzeitig zusammenfielen. Die in den Lungen enthaltene Luft konnte sich mit dem etwa noch durch die letzten schwachen Pulsationen nach dem Tode des Thieres durch die Lungen getriebenen Blute verbinden. Man war

hierbei um so sicherer, mehr oder weniger arterielles Blut in dem linken Herzen zu finden, als ja zur Zeit des Aufhörens der Respirationsbewegungen die Lungen noch mit Blut gefüllt waren, welches sämmtlich zuerst hinausgetrieben werden mufste, ehe eine Portion Blut, die nach dem Tode des Thieres sich im rechten Herzen befand, in das linke gelangen konnte.

Die Verschliefsung der Stimmritze diente aufserdem dazu, jede Abkühlung des Blutes in den Lungen zu verhindern, weil sie keinen Luftwechsel gestattete.

Mehrere Stunden nach dem Tode, wenn der Versuch zu Ende war, wurde jedesmal die Section gemacht. Gleich bei dem ersten Versuche zeigten sich die beiden Ventrikel mit geronnenem Blute ganz gefüllt und der Farbenunterschied vorhanden, obgleich die Farbe des arteriellen Blutes im linken Ventrikel nicht so hell war, wie bei frischem Blute. Hierzu mufste übrigens der Umstand beigetragen haben, dafs die Section erst sieben Stunden nach dem Tode vorgenommen wurde, da ja das arterielle Blut bei längerem Verweilen in den Gefäfsen und einige Zeit nach der Gerinnung bekanntlich seine helle Farbe verliert. Bei den folgenden Versuchen fand sich ebenfalls das Blut des linken Herzens nie so hellroth, als das frische arterielle, allein das in den Lungenvenen hatte, wo es untersucht wurde, seine helle Farbe beibehalten.

Bei der Eröffnung der Brusthöhle wurde darauf Rücksicht genommen, das herausgeschnittene Stück so klein als möglich zu machen; es war bei gröfseren Hunden etwa so grofs wie die Fläche der Hand ohne die Finger, bei kleineren nicht so grofs als die Fläche der vier Finger. Nach der Oeffnung des Thorax wurde die Aorta am Anfang des Bogens und die Cava descendens dicht über dem Vorhofe unterbunden und der Hund mit dem Bret auf die eine Staffelei gestellt. Nun wurden die unterbundenen Gefäfse an den Fäden in die Höhe gezogen, da das Herz bei dem Aufstellen immer unter die Oeffnung sank, und durch die Aorta und Cava superior nach einander in jeden Ventrikel ein Thermometer von 50° C. eingeführt.

Die beiden Thermometer, welche bei diesen Versuchen gebraucht wurden, waren immer von ganz gleichen Dimensionen und genau mit einander verglichen. Sie wurden zu diesem Zwecke dicht nebeneinander, die Kugeln in gleicher Höhe, in den Mittelpunkt eines grofsen, hölzernen, mit Wasser von 50° gefüllten Kübels eingesenkt. Derselbe konnte mit einem Deckel verschlossen werden, welcher in der Mitte eine kleine Oeffnung hatte, um die Thermometer hindurchzuführen, die dann um die Thermometer herum mit Baumwolle verstopft wurde. Das Wasser wurde bei äufseren Temperaturen von $6° - 10°$ und $16° - 20°$ erkalten gelassen und die allmälig sinkenden Thermometerstände mit Hülfe des Fernrohrs eines Kathetometers verglichen. Aus mehreren Beobachtungsreihen wurden dann die Mittel gezogen und in eine Tabelle gebracht, so dafs man die Thermometer auf einander reduciren konnte. Die Wassermasse war so grofs, dafs das Quecksilber anfangs jedesmal 20 Minuten, und bei 20° fünf Viertelstunden nöthig hatte, um einen Grad zu

sinken. Die Theilstriche wurden gleichfalls geschätzt und ihre Werthe in Rechnung gebracht.

Die Thermometer wurden vor dem Einführen in das Herz immer in einem Wassergefäfs auf etwa 40° erwärmt. Um über die Gröfse der äufseren Temperatureinflüsse ein Urtheil zu erlangen, wurde bei allen Versuchen, anfangs, wo die Temperaturen schneller sanken, alle 1 — 5 Minuten, später alle ¼ — ½ Stunde, und so lange fort beobachtet, bis die Thermometer in beiden Ventrikeln gleiche Temperaturen anzeigten.

Die ersten Versuche wurden gemacht, ohne Vorkehrungen gegen die Abkühlung zu treffen, der Thorax wurde offen gelassen. Später wurde nach den ersten Beobachtungen der Thorax mit Baumwolle bedeckt, und dadurch der Einfluſs der Thoraxwärme auf die Temperatur des rechten Ventrikels gefunden. Zu allen diesen vorläufigen Versuchen dienten zwei Thermometer mit sehr dicken Kugeln, so dafs dieselben unten und an den Seiten von den Herzwänden umschlossen wurden, während sie blos oben mit dem Blute in Berührung waren. Ich führe Auszüge aus den Protokollen einiger dieser Versuche an, um zu zeigen, wie sehr die Temperatur des rechten Ventrikels durch äufsere Temperaturveränderungen gegenüber der des linken dem Wechsel unterworfen ist.

In den folgenden Tabellen sind die Thermometerstände aufeinander reducirt.

I. December 1851. Ein grofser Pudelhund. Etwas Blutverlust. Thorax offen. Lufttemperatur 16° C. Die Thermometer wurden etwa 20 Minuten nach dem Tode des Hundes eingeführt.

Zeit.	Rechter Ventrikel. °C.	Linker Ventrikel. °C.	Differenz. °C.
3 Uhr 37 Min.	38,52	39,13	0,61
41 „	38,52	39,00	0,47
45 „	38,27	38,82	0,55
49 „	37,85	38,50	0,60
58 „	37,08	37,75	0,67
4 „ 15 „	34,90	35,60	0,70
25 „	33,77	34,50	0,73
34 „	32,82	33,56	0,74
36 „	32,55	33,31	0,76
40 „	32,20	33,00	0,80
50 „	31,23	32,00	0,77
5 „ 6 „	29,92	30,60	0,68
10 „	29,70	30,35	0,65
35 „	28,17	28,75	0,58
46 „	27,63	28,13	0,50

Zeit.	Rechter Ventrikel. °C.	Linker Ventrikel. °C.	Differenz. °C.
6 Uhr 40 Min.	25,30	25,75	0,45
7 „ 45 „	23,60	24,00	0,40
8 „ 18 „	23,04	23,35	0,31
55 „	22,58	22,85	0,27
9 „ 12 „	22,33	22,60	0,27
10 „ 2 „	21,83	22,10	0,27

Wir sehen hier die Differenz, die anfangs 0,47° betrug, in einer Stunde auf 0,80° steigen, und erst von hier an beginnen sich die Temperaturen der beiden Ventrikel auszugleichen. Wenn wir hier die Beobchtungen in Curven darstellen, wo die Zeiten die Abscissen und die Temperaturen die Ordinaten sind, so bemerken wir, dafs die Temperatur des linken Ventrikels in einer gleichmäfsigen krummen Linie fällt, von welcher sich die Linie des rechten Ventrikels anfangs entfernt, um sich ihr dann wieder zu nähern.

II. Dachshund, mittlerer Gröfse, kräftig gebaut. 20 Minuten nach dem Tode des Thieres werden die Thermometer eingeführt. Thorax offen; Lufttemperatur 16°.

Zeit.	Rechter Ventrikel. °C.	Linker Ventrikel. °C.	Differenz. °C.
11 Uhr 56 Min.	(37,55	37,75	0,20)
12 „ 2 „	37,40	37,50	0,10
12 „ 6 „	37,30	37,40	0,10
12 „ 11 „	37,10	37,25	0,15
12 „ 21 „	36,58	36,75	0,16
1 „ 26 „	30,72	31,00	0,28
1 „ 44 „	29,45	29,75	0,30

Auch hier bemerken wir ein fortdauerndes Wachsen der Differenz.

Die ersten, eingeklammerten Beobachtungen dieser beiden Tabellen beruhen auf einem durch die Ungleichheit der anfänglichen Thermometerstände hervorgerufenen Fehler, und ich habe sie deshalb bei den Angaben der folgenden Versuche weggelassen. Dasjenige Thermometer nämlich, welches zuletzt eingeführt wird, braucht immer noch einige Zeit, um seine Temperatur, die von der Zeit des Herausnehmens aus dem auf 40° erwärmten Wasser an bis zu dem Momente, in welchem es in das Herz kommt, durch die Verdunstung an der Luft stark sinkt, mit der des Blutes auszugleichen, was das zuerst eingeführte Thermometer bereits gethan hat. Während das eine daher schon im Sinken begriffen ist, kann das andere noch steigen, und die Beobachtung wird fehlerhaft. Ist die Temperatur des Thermometers höher als die des Blutes, was vorkommen kann, wenn das Wasser wärmer als 40° war, so tritt derselbe Fehler in umgekehrter Richtung ein. Erst wenn Gleichmäfsigkeit in dem

Sinken der Temperaturen zu bemerken ist, 3 bis 5 Minuten nach dem Einführen der Thermometer, können die Ablesungen gültig sein.

Um den reinen Einfluſs der stärkeren Abkühlung des rechten Ventrikels kennen zu lernen, wurde das Herz eines ziemlich groſsen Hundes sammt dem Herzbeutel mit den Lungen herausgenommen, vom Blute entleert und die Aorta und Cava unterbunden. Darauf wurde es in Wasser von 40° bis 50° gelegt, bis die Herzwände inwendig eine Zeit lang gleiche Temperatur mit dem umgebenden Wasser zeigten. Darauf wurden die beiden Ventrikel vermittelst einer vorher erwärmten Spritze mit Wasser von derselben Temperatur angefüllt, und das Herz sammt den Lungen mit eingeführten Thermometern bei einer Lufttemperatur von 16° aufgehängt. Die Temperaturen waren anfangs in beiden Ventrikeln 40° und nahmen in folgender Weise ab.

Minuten nach dem Anfang des Vers.	Rechter Ventrikel. °C.	Linker Ventrikel. °C.	Differenz. °C.
0	40,00	40,00	0,00
2	38,62	39,04	0,42
2½	38,24	38,84	0,60
3½	37,84	38,60	0,76
5	36,80	38,00	1,20
10	34,20	35,46	1,26
20	30,34	31,00	1,66
30	27,34	27,00	0,26
40	25,74	25,80	0,06
65	20,34	20,34	0,00.

Nach 20 Minuten hatte die Differenz ihr Maximum, 1,66° erreicht, und nahm dann wieder ab, aber langsamer, als sie gestiegen war, bis nach einer Stunde etwa die Temperaturen ausgeglichen waren.

Wir haben in diesen drei Beispielen hinreichenden Grund, um zu vermuthen, daſs alle früher von J. Davy, W. Nasse und Saissy zwischen den Ventrikeln gefundenen Temperaturdifferenzen gröſstentheils auf der Abkühlung des rechten Ventrikels beruhen. Bei dem Versuche I betrug die Vermehrung der Differenz nach einer Stunde 0,33°, und es läſst sich daher annehmen, daſs die in den ersten 20 Minuten durch Abkühlung entstandene Differenz auch einen groſsen Theil der zuerst gefundenen von 0,47° ausmachen muſste. Im Thorax kann die Abkühlung nicht so groſs sein, wie in freier Luft, weil die Luft in der Brusthöhle selbst anfangs eine Temperatur von 30° bis 36° besitzt, und wir finden daher auch bei dem Versuche I das Maximum der Differnez erst nach etwa einer Stunde und 20 Minuten eintreten, während es in freier Luft schon nach 20 Minuten eingetreten war. Das Maximum der Differenz in der Brusthöhle ist aus diesem Grunde auch um die Hälfte kleiner, als das in freier Luft erhaltene.

Man kann den Einfluſs der Abkühlung durch Verschlieſsen der Thoraxöffnung mit Baumwolle beseitigen, allein wenn man dieses nicht augenblicklich thut, so eröffnet man sich dadurch eine neue Fehlerquelle, welche darin ihren Grund hat, daſs der rechte Ventrikel auch schneller als der linke die Temperatur des Thorax annimmt, und nun bald entweder wärmer als dieser wird, oder seine Temperatur mit der des linken ausgleicht, je nachdem der Thorax wärmer oder weniger warm ist. Erst nachdem sich der Thorax und der rechten Ventrikel ausgeglichen haben, tritt die alte Differenz wieder ein. Ich gebe als Beispiele Auszüge aus den Protocollen zweier Versuche, bei welchen ein drittes, nicht verglichenes Thermometer in den Thorax eingeführt wurde. Die Angaben der Thoraxwärme sind daher blos annähernd genau.

Versuch V. April 1852. Pudel. Lufttemperatur 6° bis 9°. Baumwollwatte. Vom Tode des Hundes bis zum Einführen der Thermometer vergingen 27 Minuten.

Zeit.	Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.	Thorax.
10 Uhr 45 Min.	34,45	35,57	1,12	28,75
	34,32	35,31	0,99	
50 »	34,10	34,90	0,80	28,75
	34,05	34,60	0,55	Watte
55 »	34,00	34,32	0,32	
	33,87	34,05	0,18	
	33,60	33,62	0,02	32,5
11 » 10 »	33,37	33,37	0,00	
	33,12	33,07	—0,05	33,75
15 »	33,00	32,90	—0,10	
24 »	32,60	32,45	—0,15	33,75
	.	.	.	
50 »	31,27	31,10	—0,17	30,6
12 » 25 »	30,27	30,12	—0,15	
54 »	29,27	29,16	—0,11	
1 » 24 »	28,37	28,32	—0,05	26,8
2 » 7 »	27,07	27,07	0,00	24,6

Wir erkennen aus dieser Tabelle, daſs die Differenz, zur Zeit als angefangen wurde zu beobachten, ihr Maximum schon erreicht hatte; hierfür spricht die niedrige Temperatur beider Ventrikel und zugleich die Länge der Zeit, die bis zum Einbringen der Thermometer verflossen war. Die Abkühlung wurde durch die niedrige Temperatur der Luft begünstigt. Da das Herz sehr tief in den Thorax sank, als der Hund aufgestellt wurde, so sahen wir schon anfangs die Differenz stark abnehmen, wo die Temperatur des Thorax noch 28,75° betrug. Als die Watte aufgelegt war, nahm übrigens die Temperatur des Thorax sogleich sehr schnell zu und mit ihrem Steigen nahm die Differenz der Ventrikel

ab, bis sie um 11 Uhr 10 Min. = 0 wurde. Etwas später hatte die Temperatur des Thorax ihr Maximum, 33,75°, erreicht und übertraf sogar noch die des linken Ventrikels. Jetzt sehen wir auch die Temperatur des rechten Ventrikels wärmer, als die des linken werden, was durch das Zeichen (—) vor der Differenz ausgedrückt ist. Die Differenz steigt, bis die Temperatur des Thorax bereits schon wieder angefangen hat zu sinken, 11 Uhr 50 Min., und nimmt dann ebenfalls wieder ab, bis sich um 2 Uhr 7 Min. die beiden Ventrikel ausgeglichen haben; hierauf tritt nach einiger Zeit die alte Differenz, obwohl nur bis zu 0,08° wieder auf, was nicht weiter in der Tabelle angegeben ist, und erst um 5 Uhr 45 Minuten findet wieder Ausgleichung statt. Zieht man hier eine Curve der Temperaturen des rechten und linken Ventrikels, so findet man, dafs beide Curven regelmäfsig verlaufen, bis die Watte aufgelegt wird, dann krümmt sich die des linken Ventrikels schwach und geht darauf in einer ziemlich graden Linie weiter, während die des rechten in einem scharfen Winkel aus ihrer Bahn abweicht, die des linken bei 33,37° nach aufwärts und bei 27,07° nach abwärts schneidet.

IV. Hund mittlerer Gröfse, Blutverlust. Watte nach der ersten Beobachtung. Bis zum Einführen der Thermometer vergingen 19 Minuten. Temp. 6 — 9°.

Zeit.	Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.	Thorax.
10 Uhr 42 Min.	37,60	37,85	0,25	23,75
43 »	37,50	37,57	0,07	Watte.
47 »	37,35	37,35	0,00	
	37,12	37,10	— 0,02	30
	36,82	36,75	— 0,07	
11 » 13 »	35,52	35,50	— 0,02	31,25
22 »	35	35	0,0	
	34,75	34,80	0,05	
	35,50	34,60	0,10	
35 »	34,22	34,35	0,13	30,8
	34,07	34,25	0,17	
43 »	33,80	34	0,20	
	33,52	33,75	0,22	30,5
	33,25	33,50	0,25	
	32,95	33,25	0,30	30,2
12 » 11 »	32,67	33	0,33	30
22 »	31,87	32,25	0,37	29,3
	.	.	.	.
3 » 32 »	25,0	25,62	0,62	25,2
	.	.	.	.
11 » 10 »	17,60	17,87	0,27	16

Nach dem Auflegen der Watte sehen wir hier die Thoraxtemperatur schnell steigen. Wenn wir vorläufig das Verhalten der Differenz bis um 11 U. 13 Min. unberücksichtigt lassen, so bemerken wir, dafs sich um 11 U. 22 Min., wo die Thoraxtemperatur ihren höchsten Stand erreicht, die Ventrikel ausgeglichen haben. Mit der abnehmenden Thoraxtemperatur fängt nun die Differenz an wieder hervorzutreten und steigt bis um 2 Uhr 32 Minuten auf 0,62°. Hier haben sich die Temperaturen des rechten Ventrikels und des Thorax ausgeglichen und die Differenz sinkt von nun an wieder.

Es blieb bei diesem Versuche unermittelt, worin die anfängliche Differenz von nur 0,07° und das Negativwerden derselben nach den ersten fünf Minuten ihren Grund hatte, da die Temperatur des Thorax die des rechten Ventrikels noch lange nicht erreichte. Der Schlufs auf eine anfängliche höhere Temperatur des Bluts im rechten Ventrikel war hier noch nicht gestattet, weil keiner der vorhergehenden Versuche eine derartige Vermuthung unterstützt hatte, und weil die bereits erkannten Fehlerquellen die Sicherheit des Schliefsens zu sehr beeinträchtigten.

Wie wir indessen später sehen werden, kam die negative Differenz hier doch wahrscheinlich daher, dafs der rechte Ventrikel eine höhere Temperatur besafs, als der linke; diese konnte dadurch verdeckt werden, dafs das Thermometer, welches in den linken Ventrikel kam, zuletzt eingeführt wurde und eine höhere Temperatur hatte, als das Blut, weshalb es bei der zweiten Ablesung, eine Minute nach dem Einführen, wo wir noch eine Differenz von 0,07° auftreten sehen, seine Temperatur mit der des Blutes noch nicht ausgeglichen haben konnte.

Die aus den bisherigen Versuchen erhaltenen Resultate waren so sehr von einander abweichend, dafs eine neue Reihe von Versuchen mit verbesserten Vorrichtungen nothwendig wurde.

Es waren vor allem besser eingerichtete Thermometer nothwendig. Diese wurden von Herrn Geifsler in Bonn mit ganz gleichen Dimensionen verfertigt. Sie gingen bis 50° und waren in fünftel Grade getheilt. Ihre Länge betrug 24 Centimeter. Sie besafsen cylindrische Quecksilberbehälter, die zwei Centimeter lang und drei Millimeter breit waren. Die Quecksilbersäule stieg und fiel in einem Capillarrohre, welches nebst der auf einer Milchglasplatte angebrachten Theilung, auf welcher es fest anlag, von einem schützenden, 7 Millimeter weiten Glasrohre umgeben war. Dieses Rohr lief unten in einen dünneren Cylinder aus, welcher sich an den Rand des Quecksilberbehälters ansetzte. Das Capillarrohr machte es möglich, ganz genau ablesen zu können, da die Theilstriche, welche man durch dasselbe hindurch ablesen mufste, gebrochen erschienen, wenn man nicht senkrecht darauf sah. Damit die Quecksilbercylinder nicht mit den Herzwänden, sondern nur mit dem Blute in Berührung ständen, wurden sie mit einem aus drei je 1 Millimeter breiten Messingstreifen, die etwas unterhalb des Quecksilbercylinders zusammenliefen und oberhalb an einen Ring befestigt waren, der das umhüllende Glasrohr umschlofs,

bestehenden Gitter umgeben. Das Blut konnte so von allen Seiten zu dem Cylinder gelangen, das durch das Gitter von den Wänden der Ventrikel abgehalten wurde und frei schwebte. Die Thermometer waren, wie die vorigen, verglichen und die Theilstriche geschätzt, so dafs man bis auf 0,02° genau mit der Loupe ablesen konnte. Zum Ausgleichen ihrer Temperaturen mit denen der Ventrikel bedurften sie 1—3 Minuten.

Mit diesen Thermometern wurden nun einige Versuche in der Art angestellt, dafs das Herz gleich nach dem Oeffnen des Thorax und vor dem Unterbinden der Gefäfse mit Baumwolle bedeckt, dann der Hund aufgestellt, die Thermometer eingeführt, der Thorax mit Watte verstopft und abgelesen wurde. Es wurde so die der ersten Beobachtung sonst vorausgehende Abkühlung unterbrochen, ohne dafs der rechte Ventrikel durch die erfolgende Erwärmung des Thorax schon hätte an Wärme zunehmen können, wie die Beifügung der Thermometerangaben im Thorax bei den folgenden Versuchen zeigt. Vor dem Aufstellen und dem Einführen der Thermometer wurde den Hunden ein Handtuch um den Leib gebunden, um das Entleeren des rechten Ventrikels zu verhüten, was früher während des Aufstellens bisweilen Stattgefunden hatte.

Mit dieser Methode konnte man der Wahrheit um so näher kommen, je kürzer die Zeit war, welche zwischen dem Tode der Hunde und dem Einführen der Thermometer verflofs.

Bestand eine constante Differenz zwischen den Temperaturen der beiden Blutarten, so dafs das arterielle Blut wärmer war, so mufste jedesmal eine solche gefunden werden, zumal da sie leicht bei der schnelleren Abkühlung des rechten Ventrikels vergröfsert werden konnte. Waren hingegen die Temperaturen der beiden Blutarten gleich, oder die des venösen Blutes höher, so mufste es möglich sein, die Abkühlung des rechten Ventrikels in dem Maafse zu beschränken, dafs entweder eine sehr geringe Differenz, oder im rechten Ventrikel eine etwas höhere Temperatur, als im linken gefunden wurde. Trat dieser letztere Fall ein, so war eine höhere Temperatur des Bluts im rechten Ventrikel in diesem speciellen Falle aufser Frage gestellt.

Bei dem ersten der folgenden Versuche wurde die Temperatur im rechten Ventrikel etwas höher gefunden, als die des linken; bei den übrigen wurden die Temperaturen der beiden Ventrikel entweder gleich, oder nur geringe Differenzen gefunden.

Versuch VI. Zu diesem Versuche diente ein kleiner Hund, an dem der Genickstich sogleich, ohne Blutverlust, gelungen war und bei welchem besondere Sorgfalt darauf verwendet wurde, nach Oeffnung des Thorax die Abkühlung zu vermeiden, indem ein Assistent das ganze Herz und die Lungen, welche ausgedehnt waren, während der Unterbindung der Gefäfse mit der Hand bedeckte. Die Thermometer wurden 12 Minuten nach dem Tode des Hundes eingeführt und 17 Minuten nach dem Tode wurde eine um 0,16° höhere Temperatur des Blutes im rechten Ventrikel beobachtet. Diese höhere Temperatur des

rechten Ventrikels machte keiner entgegengesetzten Differenz mehr Platz. Die Temperatur der Luft war 16°.

Min. nach dem Tode.	Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.	Thorax.
17	38,40	38,24	—0,16	36.

Die Ventrikel waren mit Blut gefüllt. Bei diesem Versuche kam die Kleinheit des Hundes sehr zu Statten, da bei kleinen Thieren die Oeffnung im Thorax nicht so grofs zu sein braucht und Alles schnell gemacht werden kann.

VII. Etwas Blutverlust. Nach 17 Minuten wurden die Thermometer eingeführt.

Minuten nach dem Tode.	Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.	Thorax.
19	38,62	38,62	0,00	
22	38,50	38,54	0,04	37,06
27	38,42	38,44	0,02	
33	38,20	38,24	0,04	
43	37,80	37,90	0,10	35,28
	.	.	.	
	.	.	.	
	.	.	.	

Die Differenz war anfangs 0,0 und nahm zu mit abnehmender Thoraxwärme.

VIII. An einem Hunde mittlerer Gröfse wurde die Tracheotomie gemacht und derselbe darauf durch den Genickstich getödtet. Durch die Oeffnung in der Luftröhre wurde dem Thiere dann von Zeit zu Zeit mit dem Munde Luft eingeblasen, worauf das Herz, nachdem es vorher stillgestanden, oder sehr langsam pulsirt hatte, jedesmal wieder anfing schneller zu pulsiren. Nach 11 Minuten, als das Herz eben still stand, wurde der Thorax geöffnet und Watte aufgelegt. 24 Minuten nach dem Tode des Thieres, 13 nach der Oeffnung des Thorax, waren die Thermometer eingeführt. Die erste Beobachtung, die 14 Minuten nach der Oeffnung des Thorax, 1 Minute nach der Einführung gemacht wurde, gab eine negative Differenz, allein da die Zeit von der Einführung an blos 1 Minute betrug, so ist erst die zweite Beobachtung gültig.

Minuten nach dem Tode.	Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.	Thorax.
15	38,02	38,02	0,00	
20	37,84	37,90	0,06	36
25	37,74	37,80	0,06	
30	37,64	37,72	0,08	35,5

Man sieht hier, wie die Differenz langsam mit der abnehmenden Thoraxtemperatur steigt. Das Blut des linken Ventrikels wurde, wegen der längere Zeit nach dem Tode fortdauernden Pulsation bei unvollkommenem Athmen mit dem des rechten besonders verglichen. Es war etwas heller als in dem rechten Ventrikel, obwohl nicht normal arteriell, in den Lungen war es hellroth.

IX. September 30. Mittelgrofser Hund. Dieser Versuch wird dadurch besonders interessant, dafs vor dem Tode des Hundes ein Versuch nach J. Davy an demselben gemacht worden war. Es wurde nämlich ein kleines Thermometer zuerst in die Jugularis sinistra und dann in die Carotis sinistra eingeführt, welches in der Vene etwa bis an die V. subclavia, in der Arterie bis unter den Rand des Brustbeins eingeführt werden konnte. Die Ablesungen wurden auf das gewöhnlich als normales benutzte Thermometer reducirt und gaben dann für die

Jugularis	Carotis	Differenz
38,60	38,90	0,30

also eine Differenz, die etwas geringer war, als die von Davy bei Schafen gefundene.

Es wurde darauf der Genickstich gemacht, der nach dem Oeffnen des Thorax wiederholt werden mufste, da der Hund noch nicht vollkommen todt war und da fortwährend aus der Wunde wegen den fortdauernden Contractionen des Herzens Blut flofs.

Minuten nach dem Tode.	Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.	Thorax.
16½	38,90	38,92	0,02	
20	38,88	38,90	0,02	36,50.

Bei der Section konnte zwischen dem Blute der beiden Ventrikel kein Farbenunterschied gefunden werden, was wahrscheinlich daher rührte, dafs der Hund bei geöffnetem Thorax noch nicht ganz todt war, und daher das fortpulsirende Herz noch längere Zeit (½ — 1 Minute) Blut durch die Lungen trieb. Das um den Hals gebundene Handtuch mufste, um den Genickstich zu wiederholen, bei geöffnetem Thorax einmal gelöst werden, weshalb die Lungen nicht so viel Luft enthielten, als sonst.

Wir sehen bei diesem Versuche, der mit sehr starkem arteriellem Blutverluste verbunden war, eine höhere Temperatur, als in irgend einem andern der vorher gemachten. Sie ist beinahe 39°, während die Differenz so klein ist, dafs sie in den Bereich der Fehlergränze fällt. Wenn hier venöses Blut im linken Ventrikel war, so ist dieser Versuch ein Beweis für die Zweckmäfsigkeit der Methode, da weder auf dem Wege durch die Lungen, noch durch die Abkühlung des rechten Ventrikels ein Wärmeverlust stattfand.

Vergleichen wir die während des Lebens in der Jugularis und Carotis erhaltenen Temperaturen mit denen des Herzens, so wurde der rechte Ventrikel wärmer gefunden, als vorher die Temperatur des Jugularis und der linke hatte fast genau dieselbe Temperatur, wie das Blut der Carotis unter dem Rande des Brustbeins. Die Erklärung dieser Verhältnisse wird sich aus den späteren Versuchen an lebenden Thieren ergeben.

Fassen wir die Resultate der bisherigen Versuche zusammen, so fanden wir bei Anwendung der nöthigen Vorsicht gegen die Abkühlung des Blutes in dem rechten Ventrikel entweder keine Differenz zwischen dem Blute der beiden Herzen, oder die Temperatur des rechten Ventrikels etwas höher, als die des linken. Versuch VI, VII, VIII.

Es wurde nach diesen Resultaten nothwendig, um zu einem sicheren, allgemein gültigen Schlusse zu gelangen, Versuche an lebenden Thieren anzustellen, indem man die Thermometer durch die Carotis und Jugularis bis in das Herz führte. Die Resultate derselben stimmen mit den seither erhaltenen überein, und geben zugleich ein Bild von dem Antheile, welcher dem venösen Blute der verschiedenen Körpertheile an der Bildung der Temperatur des Blutes in der rechten Herzkammer zukommt.

Bei der Ausführung der meisten der jetzt zu beschreibenden Versuche hatte Herr Professor Bischoff die Güte, persönlich Antheil zu nehmen.

Ehe ich die hauptsächlich beweisenden Versuche darstelle, will ich einige andere anführen, welche die Resultate von J. Davy, Coleman und Autenrieth etwas näher beleuchten.

X. Oct. 23. Ziemlich grofser Hund. Es wurde eines der beiden verglichenen Thermometer in die Jugularis dextra so tief als möglich eingeführt, so dafs es bis an den rechten Vorhof reichte. Man konnte die Pulsationen des Herzens an den Stöfsen, die das Thermometer erhielt, deutlich erkennen. Ein kleines Thermometer wurde in die Carotis sinistra, etwas tiefer als bei dem Versuche IX, bis unter das Sternum in den Thorax eingeführt. Dasselbe war mit dem Normalthermometer verglichen.

Beide Thermometer wurden einige Zeit hindurch beobachtet und die höchsten Stände beiderseits bemerkt. Man erhielt folgende Angaben :

Jugularis.	Carotis.	Differenz.
38,60	38,68	0,08.

Diese Differenz war viel geringer als diejenige, welche J. Davy und auch wir bei einer weniger tiefen Einführung bemerkten. (Versuch IX.)

Der Hund wurde darauf durch Oeffnung der Carotis verbluten gelassen, wobei die Temperatur des ausströmenden Blutes 38° betrug. Davy konnte daher bei dem Ausströmen des Bluts aus der Carotis einen Verlust von 0,60° gehabt haben. Darauf wurde der Thorax geöffnet und gleich die Temperaturen der Ventrikel untersucht, wobei das Herz unbedeckt lag und der Thorax offen stand. Man erhielt :

Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.
38,40	38,68	0,28.

Die Temperatur im linken Herzen kam der vorher in der Carotis am lebenden Thiere gefundenen ganz gleich, während das rechte die Abkühlungsdifferenz zeigte. Es ergiebt sich hieraus, dafs die dicken Wände des linken Herzens bei dem Oeffnen des Thorax an der Luft nur einen sehr geringen Wärmeverlust erlitten hatten. Derselbe konnte nicht mehr als 0,10° betragen, denn so grofs mochte bei der angewandten Methode die Differenz zwischen dem Blute im linken Herzen und dem Brusttheile der Carotis etwa sein.

Etwas später wurde ein Thermometer durch einen Einschnitt in die Cava thoracica in die Cava abdominalis, welche mit Blut gefüllt war, von der Brusthöhle aus eingeführt.

Dasselbe stieg auf

Cava abdominalis

39,40°,

also um 0,72° höher als in der Carotis und um 0,80 höher als im rechten Vorhof am lebenden Thiere. Die Section zeigte, dafs der Quecksilbercylinder unterhalb der Leber an der Einmündung der Vena renalis dextra sich befand.

Eine Messung durch eine Oeffnung in der Bauchhöhle unterhalb des Magens auf der linken Seite ergab

Bauchhöhle

29,04°.

Bei Gelegenheit dieses Versuches wurde eine interessante Beobachtung, welche schon bei dem Versuche IX gemacht worden war, allein wegen der Kleinheit des Thermometers nicht genauer bestimmt werden konnte, wiederholt. Das in der Jugularis steckende Thermometer stieg und fiel nämlich in den Intervallen zwischen In- und Exspiration regelmäfsig um 0,12°, und zwar so, dafs das Steigen nach der Inspiration und das Fallen nach der Exspiration am gröfsten erschien. Auf diese Beobachtung werde ich später zurückkommen.

XI. Oct. 25. Kleiner Hund; Autenrieth'scher Versuch. Lufttemperatur 16°. Es wurden zuerst die Temperaturen der Carotis sinistra und Jugularis dextra mit einem kleinen Thermometer verglichen. Dieselben hatten gleiche Temperaturen, indem die der Carotis zwar um etwas geringer war, wie sich mehrere Anwesende überzeugten, allein der Unterschied war wegen der kleinen Theilung des Thermometers nicht bestimmt zu schätzen.

Die Temperaturen waren nach der Reduction :

Jugularis.	Carotis.
38,75	38,75.

Die Section ergab, dafs der Quecksilbercylinder des Thermometers in der Jugularis in der Höhe der dritten Rippe, etwas oberhalb des Vorhofes, und in der Carotis an ihrem Ursprung aus der Anonyma gestanden hatte. Die Gleichheit der in dieser Höhe gefundenen Temperaturen ist zwar auf den ersten Blick, gegenüber den früher am Halse gefundenen Resultaten auffallend, allein sie läfst sich bei der Kleinheit des Hundes aus dem häufigen Wechsel der Temperaturen in der Cava superior und dem rechten Herzen und aus einem allgemeinen Sinken der Temperatur des Hundes leicht erklären. Das Thermometer wurde nämlich in die Carotis erst etwa eine Viertelstunde später als in die Jugularis eingeführt.

Dem Hunde wurde nun die Tracheotomie gemacht, um die Lungen aufblasen zu können, und dann lebend der Thorax geöffnet und in jeden Ventrikel ein Thermometer eingeführt. Während der Messung der Temperatur der Ventrikel mifslang das Aufblasen

der Lungen, indem bei mehrmaligen Versuchen die Luftröhre nicht dicht genug unterbunden werden konnte, um die Luft zurückzuhalten. Dae Herz pulsirte fort.

Minuten nach d. Oeffnung	Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Cava abd.	Differenz.
½	37,40			0,46
4		37,86		
	37,32	37,04		0,72
11	37,06	38,08		1,02
19			38,67	

Wir haben hier das von Auteurieth schon angegebene Resultat, nämlich im rechten Herzen eine 1 bis 2° F. (0,54 bis 1,10° C.) höhere Temperatur als im linken. Die Temperaturen im rechten Ventrikel steigen, die im linken fallen. Die Farbe des arteriellen Blutes war anfangs normal, später dunkler als gewöhnlich.

Dieses Resultat hat wenig Sicherheit, da unzweifelhaft die durch das öftere Aufblasen der Lungen und durch das Offenstehen des Thorax veranlafste Abkühlung, begleitet von mangelnder Berührung des Blutes mit Sauerstoff wegen der gehemmten Circulation durch die Lungen, welche in den Zwischenzeiten des Blasens ganz zusammenfielen, die im linken Ventrikel gefundene niedrigere Temperatur hervorgebracht hatte. Die Temperatur im rechten Ventrikel steigt, weil fortwährend aus der Vena cava inferior wärmeres Blut herbeiströmt, was allmälig die durch den anfänglichen Blutverlust aus den Venen des Thorax, neben dem durch das Zusammenfallen der Lunge stockenden Blutlauf zuerst herbeigeführte Verdunstungskälte wieder auszugleichen strebt.

Die Temperatur der Cava abdominalis war auch hier höher, als die des Blutes im linken Ventrikel, allein kälter, als die Temperatur beider Blutarten vor der Oeffnung des Thorax.

XII. Oct. 27. Ein in fünftel Grade getheiltes, von Collardeau verfertigtes Thermometer von 40°, welches sehr empfindlich war, wurde einem grofsen Hunde in die Jugularis dextra eingeführt. Es wurden die schon erwähnten Schwankungen bei längerem Liegenlassen des Thermometers an derselben Stelle auch hier beobachtet; ebenso konnte man deutlich sehen, wie die Temperatur bei tieferem Einführen des Thermometers zunahm, während sie beim Ausführen wieder abnahm. Man wird die Ab- und Zunahme der Temperatur bei geringer Tiefe der Einführung hier nicht ganz als normal annehmen dürfen, weil das Thermometer einen 7 Millimeter dicken und 3½ Centimeter langen Quecksilbercylinder hatte, so dafs bei oberflächlicher Einführung die Abkühlung von Aufsen einwirken konnte, da das Thermometer die Circulation wegen seiner Dicke in dem oberen Theile der Cava und dem unteren der Jugularis mehr oder weniger stark hemmen mufste. Sehr gut dienen dagegen die Beobachtungen, um die Regelmäfsigkeit der Schwankungen in der V. Cava descendens und dem rechten Vorhof zu zeigen. Es wurden folgende Beobachtungsreihen erhalten :

I.	II.	III.	IV.	V.
Eingeführt	Ausgeführt	Eingeführt.	Ausgeführt	Eingeführt.
mäfsig tief.	bis zu 4		bis zur 4	
Oscillationen in	Cm. Tiefe.		Cm. Tiefe.	
1 Minute	Osc. in 1 Min.			
37,70	37,20		37,25	
,80	,25		,10	
,70	,20		,45	
,80	,10		,10	
,90	,20		,60	
,80	,10			
,82	,20			
,80	,10			
tiefer, etwa	,20			
22 Cm.	bis zu 8 Cm.			
Oscillationen in	Osc. in 1 Min.			
1 Minute	37,70			
38,10	,70			
,20	,65			
,22	,60			
,20	,65			
,20	,70			
,10	,75			
,20	,80const.			
noch tiefer	bis zu 10 Cm.			
38,20	Osc. in 1 Min.			
,30	37,90			
,40	,80			
so tief als	,90	Etwa 24 Cm.		So tief als
möglich,	,80const.	Osc. in 1 Min.		möglich, etwa
etwa 30 Cm.	,85	38,30		30 Cm.
38,40	,90	,20		38,30
constant.	bei allmäli-	,30		Das Thermo-
	gem Hervor-	,35		meter zerbricht
	ziehen	bei Druck auf		beim Hervor-
	37,90	den Bauch		ziehen.
	38	38,40		
	38,05	38,40		
	,10			
	,20			
	,30			
	,40			

Bei dieser Beobachtung liefs sich bei ruhigem Athmen aufs Bestimmteste eine strenge Regelmäfsigkeit in der Gröfse und dem Auftreten der Schwankungen erkennen. Sie betrugen regelmäfsig 0,10°. Wo der Hund unruhig und schnell und in kurzen Zügen athmete, waren sie sehr klein, bei tiefem und angestrengtem Einathmen sehr grofs. Auf diese Weise konnte ihre Ausdehnung von 0,10° auf 0,02 fallen und auf 0,15° bis 0,50° steigen. Reihe 1 und 4. Wenn der Hund den Athem anhielt, hörten sie ganz auf. Die Schwankungen können vermöge dieses Verhaltens sehr gut als Mafs für die Regelmäfsigkeit oder Unregelmäfsigkeit des Athmens dienen.

Als der Hund sich noch ruhig verhielt, bemerkte man bei der tiefsten Einführung des Thermometers, wobei der Quecksilbercylinder tiefer als das Herz, in der V. cava adscendens, stand, gar keine Schwankungen und zugleich den höchsten Thermometerstand, 38,40°. Reihe 1.

Denselben hohen Thermometerstand konnte man erreichen, wenn bei weniger tiefer Einführung dem Hunde der Unterleib zusammengedrückt wurde. Reihe 3.

In der Reihe 2 kann man deutlich die abnehmende Temperatur beim Herausziehen verfolgen. Eine um 2 bis 3 Cm. weniger tiefe Einführung bedingte eine Temperaturabnahme von 0,10° bis 0,15°.

Wir können aus dieser Beobachtung den Schlufs ziehen, dafs das venöse Blut eine um so höhere Temperatur besitzt, je näher man der Vena cava abdominalis kommt. Die Schwankungen bleiben sich bis zu einer gewissen Tiefe ganz gleich, allein wenn man etwas unterhalb des Herzens in die Nähe der Cava abdominalis oder in diese selbst kommt, scheinen sie ganz aufzuhören.

Beim Herausnehmen nach der letzten Ablesung zerbrach das Thermometer, dessen unteres Stück bei der Section in der Vena iliaca dextra gefunden wurde.

Der Hund wurde, durch Einbringen von 6 Tropfen Nicotin in die Nase, getödtet, wozu eine Zeit von 3 Minuten hinreichte. Darauf wurde der Thorax geöffnet und die künstliche Respiration mit Hülfe eines doppelten Blasbalges eingeleitet. Das Herz schlug fort und der Kreislauf durch die Lungen ging ungehindert vor sich, so dafs das arterielle Blut seine normale Färbung behielt. Es wurde nun einer der verglichenen Thermometer zuerst bis in das rechte Herz eingeführt, während der andere durch den Truncus anonymus in den linken Ventrikel gesteckt wurde. Bei fortdauernder künstlicher Respiration, von 50 bis 60 Einblasungen in der Minute, wurden folgende Beobachtungen gemacht.

Minuten nach dem Tode.	Künstliche Respiration.		
	Cava superior.	Aorta adscendens.	Differenz.
1			
15	36,64		
	,46		
	,26		
	,06		
	rechter Ventr.		
	37,84		
	,88		
	,80		
20		36,86 bleibt 1 Minute constant.	
26	37,0	36,50	0,50
	37,0	36,54	0,46
bis	37,0	36,56	0,44
	37,0	36,54	0,46
29	37,0	36,56	0,44
		linker Ventr.	
30	36,88	36,46	0,42
bis	36,88	36,46	0,42
31	36,92	36,50	0,42
34	36,62	35,88	0,74
	36,60	35,86	0,74
bis	36,60	35,70	0,90
	36,50	35,50	1,00
37	36,20	35,06	1,14

In der 37. Minute wurde die künstliche Respiration unterbrochen.

Die Vena cava abdominalis hatte 47 Minuten vor dem Tode des Hundes 37,06°.

Vergleichen wir die erhaltenen Resultate, und nehmen wir an, die beiden Blutarten hätten anfangs gleiche Temperaturen, 38,40°, besessen, so hatte sich bis zu 26 Minuten nach dem Tode bei der künstlichen Respiration und offenem Thorax das venöse Blut um 1,40°, das arterielle, bei normaler Färbung, um 1,90°, also um 0,5° mehr als das venöse, abgekühlt; 37 Minuten nach dem Tode betrug die Differenz der beiden Blutarten schon 1,14°. Da wir die Differenz fortwährend steigen sehen, indem das arterielle Blut viel

schneller erkaltet, als das venöse, und zwischen beiden nur die Lunge liegt, so müssen wir annehmen, dafs in der künstlichen Respiration und dem Offenstehen des Thorax die Ursache dieser grofsen Differenz liege. Die künstliche Respiration war demnach wahrscheinlich auch der Grund, warum Coleman das Blut des rechten Herzens um so viel wärmer fand, als das des linken.

Die Abkühlung in den Lungen mufste in unserem Falle stärker sein, als die Wärmeerzeugung durch die Aufnahme von Sauerstoff in das Blut, wenn dadurch überhaupt Wärme erzeugt wurde.

Wir bemerken in unserer Tabelle, dafs in kurzen Zeiträumen, in welchen die künstliche Respiration gleichmäfsig fortdauert, die Differenz eine constante Gröfse ist. Dies ist nur bei den drei letzten Beobachtungen nicht der Fall, weil hier die künstliche Respiration langsamer und mit Unterbrechungen fortgesetzt wurde, wodurch der linke Ventrikel weniger und kälteres Blut erhalten mufste. Es geht hieraus hervor, dafs die Abkühlung und die Wärmebildung durch die Aufnahme von Sauerstoff in den Lungen, wenn diese überhaupt vorkam, ebenfalls constante Gröfsen sein mufsten, und dafs die Temperatur im linken Ventrikel abhängig von der im rechten war.

Für die folgenden Versuche verfertigte mir Herr Geifsler in Bonn ein hohles Thermometer, dessen Länge 28 Centimeter, dessen Dicke 5 Millimeter betrug. Der Quecksilbercylinder hatte eine Dicke von 3,5 und eine Länge von 14 Millimetern. Die Scala, welche auf Milchglas eingetheilt war, begann etwa 11,5 Cm. von der unteren Spitze des Quecksilbercylinders und reichte von 10° bis 48°. Die Grade waren in Zehntel getheilt und die Dicke der Theilstriche betrug 0,033°, so dafs man mit der Loupe bis auf 0,016° bis 0,020° genau ablesen konnte. Dieses Thermometer konnte auch mit einem sehr dünnen, dem schon beschriebenen ähnlichen Blechgitter, welches die Berührung mit den Wänden der Gefäfse verhütete und die Circulation des Blutes um den Quecksilbercylinder frei gestattete, leicht durch die Carotis von Hunden über mittlere Gröfse bis in das Herz eingeführt werden. Das Thermometer war mit den vorigen verglichen. Alle anfänglichen Ablesungen wurden erst einige Zeit nach der Einführung gemacht, damit das vorher schon erwärmte Thermometer sich mit der Temperatur des Blutes ganz ausgleichen konnte. Der erste Versuch wurde an einem sehr grofsen und mageren Hunde gemacht.

XIII. Das Thermometer wurde, nachdem die Carotis sinistra blosgelegt war, zuerst in diese eingeführt. Zwischen dem ersten Ausführen aus der Carotis und dem ersten Einführen in die Jugularis lagen 10 Minuten, welche bis zur Präparation der Jugularis verflossen. Später wurde es noch zweimal in die Carotis und eben so oft in die Jugularis eingeführt, und die vier letzten Einführungen geschahen unmittelbar hintereinander. Der Hund verhielt sich während der ganzen Dauer des Versuches, der etwa 80 Minuten um-

faſste, ruhig, nur gegen das Ende wurde die Regelmäſsigkeit der Respiration und Pulsation durch die Berührung des Thermometers mit dem Herzen etwas verändert. Bisweilen hielt der Hund den Athem länger an und stieſs ihn dann kurz aus.

Zu Ende des Versuches wurde der Hund mit Nicotin und gleichzeitigem Oeffnen der Art. cruralis getödtet.

Die Section ergab, daſs das Thermometer bei der Versuchsreihe 1 und 2 der folgenden Tabelle, wenn es bis zu 12 Cm. eingeführt war, mit dem Quecksilbercylinder in der untern Hälfte des Truncus anonymus dicht an der Aorta stand. Bei 14 bis 16 Cm. Tiefe lag er in dem Blutstrome der Aorta und bis zu 18 Cm. eingeführt, lag der Cylinder zwischen den Aortaklappen. Bei der Reihe 3 reichte er, bis zu 18 Cm. eingeführt, in den linken Ventrikel. In die Jugularis bis zu 18 Cm. eingeführt, reichte der Quecksilbercylinder schon in den rechten Ventrikel.

Die folgende Tabelle giebt ein Bild des Verhaltens der Temperatur des Hundes während 70 Minuten. (Siehe Tabelle I.)

Bevor ich zur Würdigung der Tabelle übergehe, halte ich die Bemerkung nicht für überflüssig, daſs sich die Beobachtungen im venösen System nur da mit denen des arteriellen vergleichen lassen, wo einigemal hintereinander ein Maximum und Minimum der regelmäſsigen Schwankungen an derselben Stelle beobachtet wurde. Wir können daher, wo wir einige Beobachtungen im venösen System kurz nach einander, allein ohne deutliche Schwankungen haben, diese nur im Ganzen mit vorhergehenden oder nachfolgenden vergleichen. Eben so wenig kann man da, wo ein fortdauerndes Steigen oder Fallen der Temperaturen in einem der beiden Systeme beobachtet wurde, diese Beobachtungen solchen des andern Systems gleichstellen, weil man das Resultat, welches sich bei fortgesetzter Beobachtung ergeben haben würde, nicht kennt. Bei Vergleichung der Temperaturen des venösen Systems untereinander muſs man entweder die Maxima, oder die Minima der Schwankungen, oder die Mittel aus beiden nehmen. Dieses gilt sowohl für diesen als für die folgenden Versuche.

Es fällt bei diesem Versuche sogleich in die Augen, daſs die zuerst in der Carotis gefundene Temperatur höher ist, als die zuerst in der Jugularis gefundene, und man könnte daher glauben, daſs die Resultate der früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand die richtigen seien. Es wird sich indessen zeigen, daſs diese scheinbare Differenz auf einer durch beide Blutarten gleichmäſsig fortschreitenden Abkühlung beruht, und daher nicht in dem angedeuteten Sinne aufgefaſst werden darf.

Betrachten wir nun zuerst die Beobachtungen in der Carotis und Jugularis gesondert, so ergiebt sich:

Versuchs-Reihe	Bemerkungen.	Zeit. Vom Anfang der Einführung an: Uhr.	Minuten.	Carotis.	Tiefe der Einführung.	Jugularis.
1.		10	8	eingeführt		
		Min. 10		37,07 *c.*	12 Cm.	
			11	37,10 *c.*	14 Cm.	
		3½	11½	37,10 *c.*	16 Cm.	
		4½	12½	37,10 *c.*	18 Cm.	
				37,07 *c.*	14 Cm.	
		5½	13½	37,03	12 Cm.	
				37,01		
		6	14	37,03	18 Cm.	
				37,07 *c.*		
4.		16	24			eingeführt
		17	25		6 Cm.	36,30
		17½	25½		12 Cm.	36,41 *c.*
						36,41
		18	26		14 Cm.	36,41
					16 Cm.	36,60
		19	27		18 Cm.	36,90
		20	28			36,83
					12 Cm.	36,40
						36,50
		21	29			36,40 *c.*
		22	30		16 Cm.	36,50
					18 Cm.	36,73
						36,80
		23	31			36,70
2.	Puls 95. Resp. 36 — 21 unregelmäsig — dann wieder ruhiger.	34	42	eingeführt		
			45	36,20 *c.*	12 Cm.	
				36,31 *c.*	16 Cm.	
				36,33 *c.*		
		37	45	36,34 *c.*		
				36,34 *c.*	18 Cm.	
		39	47	36,30 *c.*		
				36,33 *c.*		
5.		41	49		2 Cm.	eingeführt
		42	50			35,60
					12 Cm.	35,93
	Herz unruhig.					36
		43	51			36,03
					18 Cm.	36,33
						36,40
						36,33
						36,40
						36,33
	Puls klein	44	52			36,40 *c.*
		45	53			36,43
	angehaltener Athem dann					36,47 *c.*
	Exspiration und tiefe Inspiration.	47	55			36,30
		48	56			36,50
		11	6		12 Cm.	36,10
3.				2 Cm. tiefer am Hals eingeführt		
		59	7	36,30 *c.*	14 Cm.	
				36,33 *c.*	18 Cm.	
	Herz unruhig.	60	8	36,34 *c.*		
		64	12			eingeführt
			12½		12 Cm.	35,9
		65	13		18 Cm.	36,40
		67	15		20 Cm.	36,33
			15½		16 Cm.	36,20
						36,10
					14 Cm.	36,03
6.		68	16			36,01
					20 Cm.	36,30
		69	17			36,40
						36,33
						36,37
		70	18		16 Cm.	36,01
					12 Cm.	35 9

1) dafs vom Herzen an aufwärts bis in den Truncus anonymus im Bereiche von 6 bis 8 Cm. die Temperatur im höchsten Falle um 0,14° abnahm, was von der Hemmung der Circulation durch das Thermometer in dem engeren Truncus anonymus herrühren konnte. In der Aorta selbst ist sie der Temperatur im Herzen gleich, Reihe 1, 2, 3.

2) Die Beobachtungen an derselben Stelle in der Aorta differiren entweder gar nicht, oder nicht regelmäfsig und nur in länger dauernden Zeiträumen; die Differenzen bewegen sich nur in dem Bereiche von 0,01° bis 0,04°.

3) Die Differenzen in der Jugularis verhalten sich anders. Die Temperaturen wechseln an derselben Stelle in regelmäfsigen Schwankungen mit den Athemzügen um 0,6° bis 0,10°, Reihe 4, 5, 6. Wenn die Athemzüge unregelmäfsig werden, so können sie an derselben Stelle 0,04° bis 0,20° betragen, Reihe 5. Im Allgemeinen ist hier zu bemerken, dafs sie bei kurzen, schnell auf einander folgenden Athemzügen kleiner, bei tieferen gröfser sind, und dafs sie beim Anhalten des Athems in kurzen Zeiträumen ganz ausbleiben.

4) Die Quecksilberstände in dem venösen System können je nach der geringeren oder gröfseren Tiefe der Einführung des Thermometers vom rechten Ventrikel an aufwärts im Bereiche von 6 Cm., wenn man die regelmäfsigen Maxima und Minima vergleicht um 0,40°, wenn man die unregelmäfsigen Stände nimmt bis zu 0,57° abnehmen. Reihe 4, 5, 6.

Betrachten wir nun die erhaltenen Beobachtungen im Ganzen, so finden wir in den ersten 30 Minuten eine auffallende Temperaturabnahme, welche sich durch die Temperaturen der Carotis sowohl, als der Jugularis fortsetzt und die, wie wir aus der niedrigen Anfangstemperatur vermuthen können, wahrscheinlich schon vor dem Beginne der Einführung des Thermometers ihren Anfang genommen hat. Die Temperatur der Luft war nur 16° und der Hund, der aufserordentlich mager war, lag auf dem Rücken und war festgebunden, so dafs er keine Bewegungen machen konnte. Diese Abnahme der Temperatur ist nicht auffallend, da es ja bekannt ist, dafs bei ruhiger Rückenlage der Thiere, auch ohne dafs an ihnen operirt wird, ihre Temperatur abnimmt, was man einer Erschwerung des Athmungsprocesses zuschreibt.

In der folgenden Tabelle habe ich die Beobachtungen von gleichen Tiefen der Einführung zusammengestellt.

	Minuten nach dem Anfange d. Versuchs.	Tiefe 18—20 Cm.	Minuten	Tiefe 16 Cm.	Minuten	Tiefe 14 Cm.	Minuten	Tiefe 12 Cm.
Carotis 1.	4	37,10	3½	37,10	3	37,10	2	37,07
	6	37,03			4½	37,07	5	37,03
		37,07						
Jugularis 4.	19	36,90	18	36,60	18	36,41	16	36,41 *c.*
		36,83					20	36,40
	22	36,73	22	36,50				36,50
		36,80						36,40 *c.*
		36,70						
Carotis 2.	37	36,34	36	36,31			36	36,20
		36,30		36,33				
		36,33		36,34				
Jugularis 5.	43	36,33					42	35,93
		36,40						36
		36,33						36,03
	bis	36,40 *c.*						
		36,33						
		36,40 *c.*						
		36,43						
		36,47 *c.*						
		36,30						
	47	36,50					48	36,10
Carotis 3.	59	36,33			59	36,30		
	60	36,34						
Jugularis 6.	65	36,40					64	35,9
	67	36,33	67½	36,20				
	69	36,40						
		36,33						
		36,37						
							70	35,9 *c.*

Das arterielle Blut hatte im Herzen 33 Minuten nach seiner ersten Messung um 0,76° an Wärme abgenommen. Die Abnahme läfst sich schon in den ersten zwei Minuten durch alle Tiefen der Einführung in der Reihe 1 verfolgen.

Eine entsprechende Temperaturabnahme finden wir in der ersten Beobachtungsreihe des venösen Systems (Reihe 4). Bei der tiefsten Einführung betrug die Abnahme, wenn wir die Maxima der Schwankungen vergleichen, in 4 Minuten 0,10°. In den Beobachtungen dieser Reihe bei weniger tiefer Einführung finden wir die Temperaturabnahme nicht so deutlich ausgeprägt, allein die wenigen hier vorhandenen Beobachtungen gaben das einemal blos eine einzige constante Temperatur und umfassen das anderemal nicht mehr als eine Schwankung, sie lassen sich daher nicht zum Vergleiche bringen.

Die höchste Temperatur des venösen Blutes der Reihe 4 ist blos um 0,17° geringer, als die Temperatur der letzten Beobachtung der Reihe 1, während sie die regelmäfsigen Maxima der Reihe 5 im venösen System, von der sie der Zeit nach weiter entfernt liegt, als von der Reihe 1, um 0,50° übertrifft.

Auf der andern Seite ist das zuletzt beobachtete Maximum der Reihe 4 (36,80°) wieder um 0,50° höher, als die höchste Beobachtung der nächstfolgenden Reihe 2 im arteriellen System. Die letzte Ablesung der Reihe 1 übertrifft das höchste Maximum der zweiten venösen Beobachtungsreihe um 0,70°. Wir haben also in den beiden ersten Reihen Temperaturen des venösen und arteriellen Systems, die Temperaturen der entsprechenden nächstfolgenden Reihen beider Systeme, von denen sie der Zeit nach etwa gleich weit entfernt liegen, um eine ziemlich bedeutende, in beiden Systemen etwa gleiche Gröfse übertreffen, während sie untereinander verhältnifsmäfsig unbedeutend abweichen.

Dieses Verhältnifs deutet auf eine dauernde, gleichmäfsig fortschreitende Wärmeabnahme der beiden Blutarten. Wir dürfen aus diesem Grunde aus den in diesen Reihen gefundenen Differenzen zwischen beiden Blutarten keinen Schlufs auf die Temperaturverschiedenheit des venösen und arteriellen Blutes überhaupt ziehen, da die Temperaturen sich in jedem Augenblick änderten und die Beobachtungen nicht gleichzeitig sind, sondern sehr weit auseinander liegen.

In beiden Systemen setzt sich diese Wärmeabnahme fort, bis wir, eine halbe bis Dreiviertel-Stunden nach dem Anfange des Versuches, in den beiden nächsten Beobachtungsreihen (2 und 5) constante Temperaturen auftreten sehen. (Tabelle I u. Tabelle S. 30.)

Wir finden nämlich in dem linken Herzen von der 36. bis 70. Minute eine Temperatur von 36,30° bis 36,34° und im rechten von der 41. bis 70. Minute der ganzen Versuchsdauer regelmäfsige Maxima von 36,40° und regelmäfsige Minima von 36,33°. Im venösen System finden wir diese Beständigkeit auch bei der weniger tiefen Einführung von 12 Cm., wo die Minima von Anfang bis zu Ende 35,9° betragen. In der letzten halben Stunde des Versuchs haben wir demnach Beobachtungen, welche sich vergleichen lassen und einen Schlufs auf die Temperaturen der beiden Blutarten erlauben. Ein Blick auf die

Tabelle zeigt uns, dafs alle regelmäfsigen Minima im rechten Herzen gröfser sind, als die niedrigsten Thermometerstände im linken, während die regelmäfsigen Maxima des rechten Herzens die höchsten Stände im linken Herzen um 0,06° übersteigen. Reihe 2 bis 6. Aufserdem finden wir im rechten Herzen bei tiefen Athemzügen die Maxima 36,47°, 36,50° (Reihe 5), welche die höchsten Stände im linken Herzen (Reihe 2 und 3) um 0,13° und 0,16° übertreffen. Schliefsen wir hieraus zurück auf die Reihen 1 und 2, so müssen wir annehmen, dafs bei gleichzeitiger Beobachtung dieselben Differenzen gefunden worden wären, und die Reihen würden dann etwa in folgender Weise zu ergänzen sein :

Reihe.	Minuten.	Linker Ventrikel.	Rechter Ventrikel.
		beobachtet	ergänzt.
1.	4	37,10	37,16
	6	37,03	37,10
		37,07	37,14
			37,07
		ergänzt	beobachtet
4.	19	36,84	36,90
			36,83
		36,74	36,73
	22		36,80
		36,70	36,70
		beobachtet	beobachtet
2.	37	36,34	36,40
			36,33
		36,30	36,40
			36,33
		36,33	36,40 u. s. w.

Betrachten wir, um zu einer sicheren Beurtheilung des Werthes unserer Beobachtungen zu gelangen, den Vorgang der Abkühlung etwas näher.

Hierbei ist es vor allem nothwendig, sich darüber klar zu werden, worin die Ursache der Abkühlung konnte gelegen haben, und diese haben wir unzweifelhaft in einer verminderten Wärmeproduction zu suchen, während die Wärmeverluste von der Oberfläche des Körpers, und von den Lungen aus in ihrem Verhältnisse zu einander dieselben geblieben sind, wie vorher.

Es könnte scheinen, als wenn bei der etwas erhöhten Anzahl von Athemzügen, die der Hund besonders in der letzten halben Stunde des Versuches zeigte, die Lungen hauptsächlich der Ort gewesen seien, von dem die Abkühlung ausgegangen war. Allein eine nähere Betrachtung lehrt, dafs dieses nicht der Fall gewesen sein konnte. Waren die Bedingungen der Art, dafs der Hund während der Dauer des ganzen Versuches wegen einer

verminderten Sauerstoffaufnahme vorzugsweise in den Lungen Wärme verlieren mufste, so hätten nie constante Temperaturen eintreten können, denn wir müfsten dann in dem grofsen Kreislaufe eine während der Dauer des Versuches wieder wachsende Wärmeerzeugung annehmen, welche den fortdauernden gröfsern Verlust in den Lungen ersetzt hätte. Diese Annahme ist aber nicht zulässig, da wir ja eine verminderte Sauerstoffaufnahme voraussetzten, wodurch die Wärmeproduction im grofsen Kreislaufe ebenfalls erniedrigt werden wufste. Aufserdem sehen wir in der letzten halben Stunde, wo die Athemzüge schneller und unregelmäfsiger waren, constante Temperaturen in beiden Systemen auftreten, und zwar waren die Temperaturen im rechten Herzen durchschnittlich höher als die im linken, es mufste also trotz der schnelleren und unregelmäfsigeren Athemzüge die in den Lungen bewirkte Abkühlung ebenfalls eine constante Gröfse sein. War aber dieses in der letzten halben Stunde der Fall, so mufste es um so mehr in der ersten, wo die Athemzüge regelmäfsiger und weniger häufig waren, der Fall gewesen sein, und die Temperaturerniedrigung in den Lungen konnte zugleich nicht gröfser gewesen sein, als wie sie in der letzten Hälfte des Versuches gefunden wurde.

Hierzu kommt noch der Umstand, dafs das arterielle Blut während der Dauer des Versuches und am Ende desselben seine normale Farbe beibehalten hatte. Man kann demnach nicht annehmen, dafs die Abkühlung vorzugsweise von den Lungen ausgegangen sei.

Wir müssen, da die äufseren Bedingungen der Abkühlung, die Temperatur und die Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit während des Versuches dieselben waren, wie vorher, die Ursache derselben in einer verminderten Wärmeerzeugung in dem Körper des Thieres selbst suchen, welche durch die Lage, in die der Hund gebracht wurde, bedingt war und deren Gröfse gerade hinreichte, um bei der Temperatur, die der Hund zuletzt besafs, den Wärmeverlust auszugleichen.

Der Vorgang, welcher zuletzt constante Temperaturen hervorbrachte, mufste folgendermafsen zu erklären sein:

Zwei ungleiche Temperaturen gleichen sich um so langsamer aus, je näher sie aneinander liegen. Bleibt sich die äufsere Temperatur gleich und niedriger als die Temperatur des Körpers, so kühlt sich ein Körper von 38° schneller auf 37° ab, als von 37° auf 36°. In der Zeiteinheit mufs also bei einer Temperatur von 38° eine gröfsere Wärmemenge producirt werden, um die Temperatur auf gleicher Höhe zu erhalten, als wenn dieser Körper blos 37° warm ist.

Nimmt nun die Wärmeproduction gleichmäfsig ab, so wird eine constante Temperatur dann eintreten, wenn die Körpertemperatur so weit gesunken ist, dafs die in der Zeiteinheit producirte Wärmemenge bei der längeren Zeit, die nun zur Abkühlung nöthig ist, der Wärmeabgabe das Gleichgewicht halten kann.

Nimmt die Wärmeproduction dauernd ungleichmäfsig ab, also etwa in dem kleinen Kreislauf verhältnifsmäfsig mehr als im grofsen, was dasselbe ist, als wenn man in den Lungen eine stärkere Abkühlung annimmt, als im grofsen Kreislaufe, so kann nie eine constante Temperatur eintreten, wie wir schon gesehen haben.

Wir müssen also folgern, dafs da, wo wir constante Temperaturen haben, bei niedrigerer Temperatur die Gröfse der Wärmeproduction im kleinen Kreislauf in demselben Verhältnisse zu der Gröfse der Wärmeproduction im grofsen Kreislaufe stehe, als bei höherer Temperatur, dafs wir also bei constanten Temperaturen die normalen Verhältnisse der Wärmeproduction in den beiden Kreisläufen vor uns haben.

Nach dieser Voraussetzung können wir den in der letzten halben Stunde regelmäfsig um 0,04° bis 0,06° niedrigeren Stand des Thermometers in dem linken Herzen als eine in dem normalen Verhalten des Thieres begründete Folge der Verdunstung in den Lungen ansehen.

Versuch XIV. Der Hund war kleiner, als der vorige, aber gut genährt. Hier wurden die Carotis und Jugularis zugleich blosgelegt und das Thermometer zuerst in die Jugularis eingeführt. Zuletzt wurde eine Einführung in die Vena cruralis dextra, vom Schenkelring nach der Bauchhöhle zu gemacht.

Der Hund hatte vor dem Versuche 82 Pulsschläge und 9 bis 10 Athemzüge in der Minute. Die Section ergab, dafs das Thermometer bei der tiefsten Einführung in die Jugularis bis in den rechten Vorhof, in die Carotis bis zwischen die Klappen der Aorta reichte. Bei der tiefsten Einführung in die Vena cruralis reichte das Thermometer bis 2 Cm. vor den Eintritt der V. Iliaca in die V. Cava abdominalis. Der Hund verhielt sich bei den zwei ersten Einführungen ziemlich ruhig, bei der dritten traten Muskelanstrengungen, heftige Herzpalpitationen und sehr starke unregelmäfsige Respirationsbewegungen mit häufigem Anhalten des Athems auf, die sich bei der Einführung in die Vena cruralis ebenfalls zeigten.

Zeit. Uhr.	Min.	I. Jugularis.	Zeit. Uhr.	Min.	II. Carotis.	Zeit. Uhr.	Min.	IV. V. cruralis.
10	50	12 Cm.	11	4	4 Cm.	Puls 115		Wenig eingeführt.
		37,93			37,30	Resp. 16		
		38			37,40	vor der		37
bis kurz vor		37,93			37,50	Einführung		37,10
11 Uhr		38		5	37,60			37
regelmäfsige		37,93						37,10
Schwan-		38			12 Cm.			37,20
kungen.		37,93		6	38,10	11	30	37,03
		38		6½	38,13			37,20
		u. s. w.			38,13			37,30
							31	37,20
		16 Cm.			14 Cm.			37,23
		38,13		9	38,11			37,20
		38,10						37,23 *c.*
		38,13			16 Cm.			:
11	—	38,20		10	38,10			:
					38,13		33	37,40
		III.						37,33 *c.*
	13	Eingeführt.						:
		12 Cm.						6 Cm.
	14	37,50					34	37,5
	14½	37,90					35	37,70
		37,95						37,57 *c.*
	15	38						
								12 Cm.
		16 Cm.						37,90
		38					37	37,80
		38,05					37½	37,90
	15½	38,07						
	16	38,03						14 Cm.
		38,10						37,91
							38¼	37,93
							38½	38
								16 Cm.
							39	38,07
							40	38,13
								38,10
								38,17
							43	38,10 *c.*
						Ausgeführt bis zu 2 Cm.		
								37,80

Obwohl die Beobachtungen hier nicht lange genug und nicht wiederholt angestellt wurden, so zeigt uns doch ein Blick auf die Tabelle, dafs die Reihen I und II sich im Allgemeinen mit einander vergleichen lassen. Bei der tiefsten Einführung der Reihe I haben wir wenigstens eine regelmäfsige Schwankung und die Temperatur ist, wie uns die tiefste Einführung in die Vena cruralis zeigt, während der Dauer des Versuches im Ganzen nicht, oder nur unbedeutend gesunken. Die Reihe III ist den übrigen Beobachtungen nicht gleichzustellen, weil wir hier einmal keine regelmäfsigen Schwankungen haben, und weil aufserdem das Thermometer noch fortwährend im Steigen begriffen war. Die Reihe II zeigt constante Werthe.

Wir haben im Allgemeinen dieselben Resultate, wie bei dem vorigen Versuche. Die regelmäfsigen Schwankungen im Venensystem betragen 0,07° (Reihe I) und diese Beobachtung ist von grofsem Gewichte, weil sie so lange Zeit eine ganz gleiche Gröfse der Schwankungen bei regelmäfsiger Respiration zeigt. Das Steigen wurde wie früher nach der Inspiration, das Fallen nach der Exspiration bemerkt. In der V. iliaca zeigen die Schwankungen blos bisweilen einige Regelmäfsigkeit, weil die Respiration hier sehr unruhig war. Sie betragen anfangs, wo das Athmen ruhiger war, 0,10°, dann wechseln sie zwischen 0,3° bis 0,17°. Die Schwankungen verhielten sich in der Vena iliaca umgekehrt, wie in der Vena cava, indem das Steigen nach der Exspiration und das Fallen nach der Inspiration bemerkt wurde.

Die Differenzen im arteriellen System betrugen 0,01° bis 0,03°, also so viel wie bei dem Versuche XIII und es wurden keine Schwankungen beobachtet, sondern die Thermometerstände wechselten allmälig, indem sie immer längere Zeit constant blieben.

Die Maxima und Minima im rechten Herzen verhalten sich zu den Thermometerständen des linken Herzens wie bei dem vorigen Versuche, obgleich der Quecksilbercylinder blos im Vorhof stand und noch nicht bis in den rechten Ventrikel reichte. Die Minima (38,10°, 38,13°) bei der tiefsten Einführung kommen den höchsten und tiefsten Ständen des arteriellen Systems gleich, das eine Maximum, was wir erhalten haben, ist etwas höher, als der höchste arterielle Thermometerstand. Dasselbe finden wir bei der tiefsten Einführung in die Vena iliaca. Die tiefsten Stände kommen den Thermometerständen im linken Herzen gleich, der höchste ist etwas höher.

Ich stelle die hauptsächlichsten Resultate übersichtlich zusammen :

Maximum im rechten Vorhof	38,20°.
Minima » » »	38,13°. 38,10°.
Höchster Stand der Vena iliaca dicht an der Cava abdominalis	38,17°.
Höchste Stände des linken Herzens	38,13°.
Tiefste Stände » » »	38,10°. 38,11°.

Auch aus diesem Versuche können wir schliefsen, dafs das Blut der Vena cava adscendens die höchste Temperatur hat, da sowohl in den Thorax, als in der Vena iliaca die Temperaturen um so mehr zunahmen, je näher wir der Cava adscendens kamen.

XV. Der Hund war wenig kleiner, als die vorigen, allein kräftig und wohlgenährt. Sein Puls betrug vor dem Versuche 120 bis 125, die Respiration 18 bis 20 in der Minute. Der Versuch wurde ganz in derselben Weise angestellt, wie vorher, nur wurde das Thermometer ohne Gitter, und zuerst in die Carotis eingeführt. Der Hund verhielt sich während der beiden ersten Einführungen vollkommen ruhig, nur zuletzt wurden die Herzpalpitationen wahrscheinlich durch Zerrung der Venenklappen sehr stark. Bei diesem Versuche wurde das Thermometer blos einmal in die Arterie und Vene, und zuletzt in die Vena cruralis eingeführt. Der Hund wurde am Leben gelassen.

Zeit. Uhr	Minuten	I. Carotis.	Zeit. Uhr	Minuten	II. Jugularis.	Zeit. Uhr	Minuten	III. V. Cruralis.
		10 Cm.			12 Cm.			12 Cm.
10	51	38,30	10	58	38,30 Oscill.	11	8½	38,30
		38,40			Ein — steigt — aus			38,40
		38,43			Ein — steigt — aus			38,43
		38,50		59	38,30		9	38,50
	51½	38,57			14 Cm.			Ein — fällt — aus — steigt
	52	38,60			38,60			Ein — fällt — aus — steigt
		38,63			38,70			Ein — fällt — aus — steigt
		38,60			38,73			Ein — fällt — aus — steigt
		12 Cm.			38,60			Ein — fällt — aus — steigt
		38,87			38,70			Ein — fällt — aus — steigt
	53	38,90			16 Cm.			Ein — fällt — aus — steigt
		38,91			38,93 } Oscill. um			Ein — fällt — aus — steigt
	53½	38,93	11	1	38,94 } 0,01 — 0,02°			14 Cm.
		14 Cm.			20 Cm.		12	38,63
	54½	38,94		2	38,93		16	25 Cm. mit dem Gitter
				2¼	38,94		17	38,50
								38,54
								38,07

Die Temperatur des arteriellen Systems ist hier, wie wir aus der Tabelle sehen, in fortdauerndem Steigen begriffen. Dieses Steigen der Temperatur scheint übrigens nur von kurzer Dauer gewesen zu sein, da wir aus den Beobachtungen in dem venösen Systeme schon wieder ein Sinken erkennen. Wir finden die Temperatur des venösen Blutes bei tiefer

Einführung zwar nicht niedriger, als vorher die höchste arterielle, allein die Temperatur in der Vena iliaca bei der tiefsten Einführung bedeutend niedriger, wie die Temperatur in dem Thorax sowohl, als auch niedriger wie die Temperatur in derselben Vene bei einer etwas weniger tiefen Einführung. Es ist möglich, dafs ein bei dem Einführen des Thermometers stattgefundener geringer Blutverlust aus der Carotis die Ursache des anfänglichen Steigens im arteriellen Systeme gewesen sein konnte, da, wie wir in dem folgenden Versuche sehen werden, die Temperaturen in beiden Ventrikeln beim Verbluten der Thiere aus der Carotis höher werden.

Wegen dieses ungleichen Verhaltens der Temperaturen der aufeinander folgenden Beobachtungen sowohl, wie auch wegen des Mangels einer zweiten Beobachtungsreihe in beiden Systemen, welche den nöthigen Aufschlufs hätte geben können, dürfen wir uns aus den Beobachtungen dieses Versuches auf die normalen Temperaturdifferenzen der beiden Blutarten keinen Schlufs bilden.

Anders verhält es sich mit der Vergleichbarkeit der Beobachtungen in dem Venensystem untereinander. Wir finden hier bei einer 20 Cm. tiefen Einführung, die uns, der Lage des Herzens nach zu urtheilen, wahrscheinlich tief in die Vena cava inferior brachte, eine nicht höhere Temperatur, als bei einer weniger tiefen Einführung (16 Cm.), wo der Quecksilbercylinder in der Gegend des rechten Ventrikels sich befinden mufste. Diese Beobachtung stimmt mit der des Versuches XII überein, wo wir ebenfalls unterhalb des Herzens die höchste Temperatur, und zwar bleibend, fanden.

Die bei den früheren Versuchen schon beobachtete Abnahme der Temperatur bei allmäliger Entfernung von der Cava abdominalis finden wir auch hier im Allgemeinen bestätigt.

Besonders deutlich liefs sich bei diesem Versuche das umgekehrte Verhalten der Schwankungen in dem Venensystem der Bauchhöhle, gegenüber den Schwankungen in der Brusthöhle beobachten, indem hier das Steigen des Quecksilbers mehrmals hinter einander aufs Bestimmteste nach der Exspiration und das Fallen nach der Inspiration bemerkt wurde.

XVI. Der Versuch, der eine Zeit von drei Stunden umfafste, wurde mit einem grofsen alten Hühnerhunde gemacht. Das Thier zählte 120 Herzschläge auf 11 bis 12 Athemzüge in der Minute. Die Respiration und der Puls wurden im Verlaufe des Versuches nicht beschleunigt, und das Thier hielt sich vollkommen ruhig. Anfangs wurde ein kürzeres verglichenes Thermometer in die Jugularis dextra eingeführt, während gleichzeitig das Thermometer, welches bei den letzten Versuchen gedient hatte, in die Carotis sinistra gebracht wurde (1). Die Section zeigte, dafs das erstere kaum bis an den Vorhof reichte, während der Quecksilbercylinder des anderen sich zwischen den Klappen der Aorta befand.

(1) Das Blechgitter wurde bei diesem und dem folgenden Versuche weggelassen, da sich in den Resultaten kein Unterschied zeigte, und der Quecksilbercylinder in den grofsen Stämmen und im Herzen immer im Blutstrome sein mufste.

Zeit. Uhr. Min.		Jugularis. In der Cava superior. 11 Cm.	Jugularis. Am oberen Rand des Vorhofs 16 Cm.	Carotis. Zwischen d. Klappen der Aorta. 16 Cm.
9 34	Anfang der Präparation.			
49	Beendigung der Präparation.			
		Jugularis.	Jugularis.	Carotis.
		In der	Am oberen	Zwischen
		Cava	Rand des	d. Klappen
		superior.	Vorhofs	der Aorta.
		11 Cm.	16 Cm.	16 Cm.
55				39,50
57¾			39,25	39,40
59			39,20	39,30
			39,08	39,31
			39,25	39,33
			39,20	
10 —		38,97		
		39,08		
		38,97		
10 4				39,33 *c.*
			39,14	
			39,16	
			39,02	
5				
6				39,30
6¾				39,23
7½			39,08	
			39	
			39,08	
			38,98	
			38,93	
			38,89	
			38,70	
			38,93	
			38,74	
10			38,88	
			17 Cm.	39,30 *c.*
			39	
			39,04	
			39,08 *c.*	
11½				39,24
				39,27
				39,20
				39,14
				39,20
12¼			38,98	
			39,04	
15			39,08 *c.*	
	Bei Druck auf d. Bauch		39,24	
16			39,08	
16½	Druck auf den Bauch		39,18	

Zeit. Uhr. Min	Jugularis. 16 Cm. am oberen Rande des Vorhofs.	Jugularis. 22 Cm. im rechten Ventrikel.	Carotis. 16 Cm. zwischen d. Klappen. 2 Cm. tiefer
			18 Cm.
10 18			39,23
	16 Cm.		39,27
20	38,97		
	39,04		
		39,40	
		39,41	
21¼	Bei Druck auf d. Bauch	39,50	
		39,40	
		39,33	
		39,40	
21¾		39,30	
		39,40	
		39,33	
		39,27	
24		39,22	
24¾	39,03		
		39,31	
		39,24	Bis an die
		39,30	Klappen
	Inspiration	39,20	16 Cm.
		39,23	
		39,27	
33½			39,10
			39,11
			39,10
			39,11
36¼			39,10
37¼	38,84		
	38,90		
	38,91		
38¼		39,17	
		39,23	
		39,23	
		39,13	
40	Inspiration	39,10	
42		39,13	
45		39,10	
		39,00	
		39,04	
47½		39,10	
48½	38,71		
	38,70		
	38,71		
	38,70		
49½		39,01	
		39,03	
		39,03	
		39,01	
51			38,83
			38,84
		Schwankt scheinbar um 0,01 bis 0,02 mit der Respiration	38,89 *c.*
			38,93
			38,97
56	8 Athmenzüge, 95 Pulsschläge.		
11 1			38,90 *c.*
5	38,67		
	38,70		
		38,97	
		39	

Zeit. Uhr. Min.	Jugularis. 16 Cm.	Carotis. 16 Cm.
	Die Carotis wird geöffnet	
11 8¼	38,70	zwischen
	38,71	d. Klappen
	38,73	
15	38,77	
		38,93
		38,94
		39
	18 Cm.	39,03
	im Vorhof	39,04
16½	39,23	
17	39,40	
17¼	39,40	
19¼		39,20
		39,23
		39,20
		39,10
20		39,20
		39,33
		39,40
	Tiefe Inspirationen	39,50
		20 Cm. im Ventrikel
22		39,50
		39,60
23	39,67	
	39,70	
	39,73	
	39,70	
	39,73	
26¼		39,30 *c.*
		39,40
27		39,53
		39,57
31		39,60
32	Respiration schnaufend	38,90
32¼		16 Cm. zwischen d. Klappen
		39
		38,90
		20 Cm. im Ventr.
		38,30
	Das Herz hört ganz auf zu schlagen.	38,33
		38,37

c. bedeutet constant während einiger Zeit, oder bis zur nächsten Beobachtung.

Nachdem diese Anordnung fünfundzwanzig Minuten beibehalten worden war (bis 11 Uhr 18 Minuten), wurde das Thermometer, welches sich anfangs in der Carotis befand, abwechselnd in die Jugularis und die Carotis eingeführt, so dafs gewöhnlich nur 1 bis 2 Minuten, nur einmal mehr (11 Uhr 1 Minute bis 11 Uhr 5 Minuten), zwischen den letzten Beobachtungen in dem einen und den ersten in dem anderen Gefäfse verflossen. Etwa 70 Minuten nach dem Anfange des Versuches liefs man das Thier aus der Carotis verbluten und beachtete das Verhalten der Temperaturen in beiden Herzen, während das Blut ausflofs.

Die Temperatur der Luft war 19° bis 20°. Die Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle nach der Zeit zusammengestellt. Die ersten nach der jedesmaligen Einführung des Thermometers in die Carotis oder Jugularis in der Tabelle aufgezeichneten Ablesungen sind gemacht, nachdem der Quecksilbercylinder Zeit gehabt hatte, seine Temperatur mit der des Blutes auszugleichen. (Siehe Tabelle II.)

Man beobachtet von dem Anfange des Versuches bis dahin, wo der Hund sich verblutete, ein gleichmäfsig fortschreitendes Sinken in beiden Blutsystemen. Wenn man die ersten und letzten Beobachtungen in beiden Systemen, welche im venösen System zugleich Maxima sind, bei einer Tiefe von 16 Cm. vergleicht, so findet man von 9 Uhr 55 Minuten bis 11 Uhr 5 Minuten im arteriellen System eine Abnahme von 0,60°, im venösen eine Abnahme von 0,55°. Diese Temperaturabnahme zeigt sich auch in kürzeren Zeitabschnitten und überall da, wo eine längere Reihe von Beobachtungen hintereinander in demselben Systeme gemacht wurden.

Um 10 Uhr 18 bis 10 Uhr 20 Minuten betrug bei 16 Cm. Tiefe, wenn man aus den von dieser Zeit in beiden Systemen vorhandenen Ablesungen die Mittel zieht und mit den Anfangstemperaturen vergleicht, die Abnahme der Temperatur beider Blutarten 0,25°.

Von 10 Uhr 20 Minuten bis zum Verbluten des Hundes war, wenn man die höchsten Stände vergleicht, die Abnahme im venösen System bei 16 Cm. Tiefe 0,34°, im rechten Ventrikel 0,40°, im linken Ventrikel 0,37°.

Die Uebereinstimmung ist, wenn man auf die Schwankungen der Temperaturen des venösen Blutes im Thorax und auf die kleinen Zeitverluste, welche immer zwischen den letzten und ersten Beobachtungen der verschiedenen Systeme liegen, Rücksicht nimmt, genau genug, um auf ein vollkommen gleichmäfsiges Sinken in beiden Blutarten schliefsen zu lassen.

Ein höchst merkwürdiges Verhalten zeigten die Temperaturen beider Blutarten während des Verblutens. Sie stiegen nämlich von dem Momente an, wo das Blut anfing zu fliefsen, bis zuletzt, kurz ehe das Herz aufhörte zu schlagen, innerhalb 22 Minuten noch höher, als die Anfangstemperaturen und eben so gleichmäfsig, als sie gefallen waren (1).

(1) Ich will es hier nicht unterlassen, noch eine Reihe von Versuchen an todten Thieren mitzutheilen, deren Ergebnisse mit dem zuletzt beobachteten Steigen der Temperaturen zusammenhängen. Die Versuche wur-

Die Zunahme betrug im rechten Herzen, von 11 Uhr 5 Minuten an bis zur letzten Beobachtung 0,73°, im linken von 11 Uhr bis 11 Uhr 31 Minuten 0,70°.

Von 11 Uhr 31 Minuten an flofs gar kein Blut mehr aus und die Temperatur nahm wieder ab. Bei der Section wurden beide Ventrikel leer gefunden.

---

den nach der auf Seite 18 schon angegebenen Methode angestellt, allein mit dem Unterschiede, dafs die Baumwolle erst über die Thoraxöffnung kam, als die Hunde schon auf der Staffelei standen, weshalb die Abkühlung immer noch eine Zeit lang einwirken konnte. Nach dem Auflegen der Baumwolle wurden die Thermometer eingeführt. Ich erzielte auf diese Weise Abkühlungsreihen von gleichmäfsig abnehmender Temperatur in beiden Ventrikeln.

Die Versuche wurden alle an Hunden mittlerer Gröfse, bei einer äufseren Temperatur von 18—20° an aufeinander folgenden Tagen im August und September 1852 angestellt. Ihre Vergleichung gab ein merkwürdiges Resultat.

Alle diejenigen dieser Versuche, bei denen der Genickstich anfangs mifslang, das heifst, bei welchen durch Verfehlen des Zwischenwirbelraums, der zur Medulla oblongata führt, die Art. vertebralis verletzt und dabei der Tod des Hundes verzögert wurde, waren mit starkem arteriellem Blutverlust verbunden und daher im Protokolle als schlecht bezeichnet.

Dies geschah aus dem Grunde, weil die Hunde nach der Verwundung sowohl Muskelanstrengungen machten, um loszukommen, als auch durch den arteriellen Blutverlust zu tiefen und rasch aufeinander folgenden Athemzügen veranlafst wurden, wobei zugleich ihr Puls beschleunigt war. Durch das Zusammentreffen dieser Erscheinungen mufsten die normalen Verhältnisse gestört werden.

Alle diese als schlecht bezeichneten Versuche nun zeigten bei der Vergleichung mit denen, welche im Protokoll als gut aufgeführt waren, wo nämlich die Hunde bei dem Genickstich ohne Zucken oder Blutverlust sogleich todt waren, eine absolut höhere Temperatur und geringere Differenz.

Ich stelle die beiden Reihen zur Uebersicht nebeneinander. Die Beobachtungen wurden 3 — 5 Minuten nach dem Anfang des Einführens der Thermometer gemacht.

Als gut bezeichnet waren :

Versuch*)	Minuten nach dem Tode.	Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.
X.	17	37,24	38	0,76
XII.	23	36,60	37,32	0,72
XIII.	19	37,64	38,40	0,76

Als schlecht, und mit Blutverlust waren bezeichnet :

	Minuten nach dem Tode.	Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.
IX.	17	37,68	38,08	0,40
XI.	25	38,60	38,72	0,12
XIV.	29	38,66	38,90	0,24

*) Die Versuchsnummern gehören einer andern Reihenfolge an, als die Nummern der in dem Text aufgeführten Versuche.

Bei den Versuchen X, XII, XIII, ist die Differenz dieselbe, was für die Sicherheit der Methode spricht. Bei den Versuchen IX, XI, XIV sind die Differenzen nicht gleich, was bei den Versuchen XI und XIV von der verschiedenen Gröfse des Blutverlustes herrühren konnte. Bei dem Versuche IX kommt die Gröfse der Differenz wohl daher, dafs das Herz fast leer war; allein wir finden trotzdem die Temperatur im linken Ventrikel noch etwas höher, als bei dem Versuche X, wo dieselbe Zeit zwischen dem Tode des Hundes und der Beobachtung verflossen war. Die Temperaturen im linken Ventrikel bei den Versuchen XI und XIV sind um 1,40° und 0,50° höher als bei den Versuchen XII und XIII, wo gleichfalls etwa eben so lange Zeiten zwischen dem Tode der Thiere und der Einführung der Thermometer vergangen war.

Die Schwankungen im venösen System wurden hier wie früher beobachtet, sie traten regelmäfsig mit den Athemzügen auf, wie sonst, allein sie wechselten öfter in ihrer Ausdehnung.

Als das Thermometer sich im rechten Ventrikel befand, wurde immer ein umgekehrtes Verhalten, wie früher beobachtet, nämlich das Quecksilber fiel im Anfange der Inspiration und erst zwischen der Inspiration und Exspiration, oder während der Exspiration stieg es wieder.

Die Schwankungen, wo sie regelmäfsig waren, betrugen 0,04° bis 0,10°, in anderen Fällen konnten sie 0,13° bis 0,16° betragen.

Die Beobachtung, dafs ein Druck auf den Bauch die Temperatur in dem Herzen und den oberen Hohlvenen plötzlich um 0,10° bis 0,16° erhöhen kann, wurde mehrmals sehr deutlich gemacht. (10 Uhr 15 bis 16½ Minuten; 21¼ Minuten.)

In den letzten Reihen von Beobachtungen, während des Verblutens, war das Steigen andauernd, und es wurden keine, oder nur sehr kleine Schwankungen bemerkt.

Die Differenzen des arteriellen Systems betrugen durchschnittlich mehr, als bei den früheren Versuchen. Kurz nacheinander wurden indessen nie gröfsere Unterschiede, als von 0,01° bis 0,06° bemerkt, und wo sie in der Tabelle gröfser erscheinen, liegen immer 1 bis 2 Minuten dazwischen. Bisweilen schien es, als wenn auch mit den Respirationsbewegungen wechselnde Schwankungen einträten (10 Uhr 52 bis 53 Minuten), allein sie waren nicht grofs genug, um immer der Ablesung gewifs sein zu können. Bei dem Verbluten des Hundes waren die Differenzen gröfser, das Quecksilber stieg und fiel schneller. Einmal wurde deutlich ein sehr schnelles Steigen nach einigen tiefen Inspirationen beobachtet (11 Uhr 19¼ bis 22 Minuten.) Die Differenz konnte in kurzer Zeit zwischen zwei Beobach-

---

Bei allen Versuchen, ausgenommen Versuch IX waren beide Kammern gefüllt und die Lungen ausgedehnt. Bei den Versuchen XI und XIV waren auch die rechten Vorhöfe voll von geronnenem Blute.

Die gröfsere Differenz bei niedrigerer Temperatur liefs sich in den Fällen X, XII, XIII durch eine ursprünglich niedrigere Eigenwärme der betreffenden Thiere nicht erklären, da die Differenz dann eher hätte geringer sein müssen, indem ja die Ausgleichung des rechten Ventrikels mit der Luft, ehe die Baumwolle aufgelegt wurde, unter sonst gleichen Umständen verhältnifsmäfsig um so langsamer vor sich gehen müfste, je näher die Lufttemperatur und die des rechten Ventrikels aneinander lagen.

Die Differenz zwischen rechtem und linkem Ventrikel hätte dann aus demselben Grunde bei den Versuchen IX, XI, XIV, wo die Temperatur beider Ventrikel höher war, wie bei den vorigen, um so gröfser sein müssen, da die vom Tode des Hundes bis zur ersten Beobachtung verflossene Zeit bei den Versuchen XI und XIV noch etwas länger war, als bei jenem. Es blieb bei den Versuchen IX, XI und XIV blos ein einziger Umstand, der von den Verhältnissen, unter denen alle Versuche angestellt wurden, abweicht. Dieses ist der arterielle Blutverlust und die, dadurch sowohl, als durch die begleitenden Erscheinungen, Muskelanstrengung des Hundes häufige und tiefe Inspirationen, schnellen Puls, hervorgerufene Beschleunigung des venösen Kreislaufes, wobei vorzugsweise Blut aus der Vena cava abdominalis in das Herz eintreten mufste, da der Kreislauf in der oberen Körperhälfte durch den Blutverlust aus der Art. vertebralis vorzugsweise verlangsamt wurde.

tungen 0,10° bis 0,13° ausmachen, allein die höheren und tieferen Stände wechselten nie so plötzlich, als im Venensystem, sondern immer mit Uebergängen.

Vergleichen wir die Beobachtungen im venösen System untereinander, so läfst sich hier wegen ihrer grofsen Anzahl leichter als bei den früheren Versuchen ein Schlufs über die Verschiedenheit der Temperaturen in verschiedenen Tiefen ziehen. Man sieht den Unterschied auf den ersten Blick, wenn man die Reihen verschiedener Tiefen gegeneinander hält. Sogar ein Unterschied von 1 Cm. (10 Uhr 10 Min. bis 10 Uhr 16½ Min.) macht sich gegenüber den früheren und späteren Reihen bemerklich. Wenn man die Mittel aus allen Beobachtungen bei 16 und 22 Cm. Tiefe von 10 Uhr 20 Minuten bis zum Verbluten des Hundes untereinander vergleicht, so erhält man für die Entfernung von dem oberen Rande des rechten Vorhofs bis in den Ventrikel (6 Cm.) eine Differenz von 0,40°.

Die Beobachtungen bei 11 Cm. Tiefe, die hoch oben in der Cava superior gemacht wurden, sind um 0,12° niedriger als die nahe am Vorhof erhaltenen und die letzteren sind schon wieder um 0,19° niedriger, als in einer nur 1 Cm. gröfseren Tiefe. (10 Uhr 10 Min., 17 Cm.)

Die Beobachtungen im rechten und linken Herzen verhalten sich so gegeneinander, dafs immer die ersten Beobachtungen einer Reihe des venösen Systems höhere Temperaturen zeigen, als die letzten der vorhergehenden Einführung in die Carotis, und die letzten wieder höhere Temperaturen als die ersten der folgenden Einführung in die Carotis. Je kürzer die zwischen dem Ende der einen und dem Anfang der andern Beobachtungsreihe verflossene Zeit ist, um so gröfser sind die Differenzen. Wichtig ist, dafs immer alle Beobachtungen in einer arteriellen Reihe niedriger sind, als alle der vorhergehenden venösen, während gewöhnlich nur die letzten und niedrigsten Beobachtungen einer Reihe im venösen System, die bei fortschreitender Abkühlung erhalten wurden, denen der vorhergehenden arteriellen Reihe gleich, die ersten aber sämmtlich höher sind.

Unter den Beobachtungen während des Verblutens finden wir ganz dasselbe Verhalten, die Beobachtungen im Venensystem sind immer höher, als die ihnen oberhalb und unterhalb zunächst liegenden im arteriellen. Während die Temperaturen in beiden Systemen gleichmäfsig im Steigen begriffen sind, erreichen also die im rechten Herzen den höchsten Stand früher, als die im linken.

Das Steigen der Temperatur bemerken wir im Venensystem schon vom Momente des Anfangs der Verblutung an, bei einer Tiefe von 16 Cm. (11 Uhr 8¼ Min.), wo das Thermometer noch nicht im Vorhofe stand, es konnte also hier ein Einflufs von dem linken Ventrikel her nicht stattgefunden haben.

Da sich die Athemzüge des Hundes während des Versuches nicht beschleunigten, sondern eher verlangsamten, so konnte von einer vorzugsweisen Abkühlung in den Lungen nicht die Rede sein. Der Hund verhielt sich äufserlich ganz normal, und da wir gesehen haben, dafs die Temperaturen beider Blutarten im Ganzen gleichmäfsig sanken, so müssen

wir den Unterschied derselben als eine constante Gröfse und auf einer im normalen Zustande ebenfalls vorhandenen Abkühlung in den Lungen beruhend ansehen. Durch den Umstand, dafs die Temperaturen beider Systeme gleichmäfsig sanken, und da wir neben einer grofsen Anzahl dicht aufeinander folgender Beobachtungen im Ganzen nur eine sehr geringe Temperaturabnahme haben, ist es uns aufserdem erlaubt, das Mittel aus allen Beobachtungen des rechten Ventrikels mit dem Mittel aus allen Beobachtungen des linken Ventrikels von 10 Uhr 18 Min. bis zum Oeffnen der Carotis, zu vergleichen und so die Gröfse der Differenz annähernd zu bestimmen.

Rechter Ventrikel.	Linker Ventrikel.	Differenz.
Mittel.	Mittel.	
39,21°.	39,02°.	0,19°.

Der Umstand, dafs weniger Beobachtungen vom linken Ventrikel vorhanden sind, kann hier keinen Einflufs haben, weil auf jede Ablesung im linken Ventrikel, wegen der mehr oder weniger regelmäfsigen Schwankungen mit den Athemzügen im venösen Systeme, zwei Ablesungen im rechten, ein Maximum und ein Minimum, gezählt werden müssen, während wir die Temperaturen im linken Ventrikel auf kurze Zeiten constant bleiben sehen.

Aus den Beobachtungen des Steigens der Temperatur bei Druck auf den Bauch sehen wir, dafs das Blut der Vena cava abdominalis wärmer sein mufs, als das gemischte Blut im rechten Herzen.

XVII. Bei einem kleinen Hunde wurde zuerst die Temperatur des rechten Herzens durch Einführung des Thermometers in die Vena jugularis bestimmt. Darauf wurde dem Thiere die Bauchhöhle in der Linea alba, von dem Körper der Urinblase bis etwa 2 Cm. unterhalb des unteren Randes der Leber, geöffnet, die Vena cava abdominalis etwa 4 bis 6 Cm. unterhalb der Nieren unterbunden und ihre Temperatur genommen, indem das Thermometer nach dem Herzen zu tief eingeführt und längere Zeit hindurch beobachtet wurde. Dann wurde dieselbe Operation mit der Aorta abdominalis vorgenommen, worauf der Bauch zugenäht und zuletzt die Temperatur des rechten Ventrikels wieder bestimmt wurde. Der Darm wurde während der Operation vorsichtig mit der Hand zurück gehalten, so dafs der ganze obere Theil der Bauchhöhle vor der Abkühlung geschützt war.

Die Operation wurde ohne Blutverlust ausgeführt und der Hund verhielt sich während der Dauer des Versuches ruhig. Zuletzt wurde er mit Nicotin getödtet. Die Section zeigte, dafs das Thermometer bei einer Einführung von 12 Cm. Tiefe in der Vena cava bis an das Foramen quadrilaterum, in der Aorta bis 2 — 3 Cm. über den Hiatus aorticus und im Herzen bis in den Vorhof reichte. Bei 18 Cm. Tiefe reichte es in der Cava bis fast an das Herz in den Thorax, und in der Jugularis bis auf den Boden des rechten Ventrikels. Bei 16 Cm. Tiefe in der Aorta stand es in der Mitte des Brusttheils derselben.

Der Puls zählte vor der Operation 90 — 100 Schläge auf 13 Athemzüge. Während des Versuches (11 Uhr 51 — 52 Min.) wurden einmal 10 Athemzüge gezählt.

10 Uhr 45 Min.	Aufgebunden.
51 „	Anfang der Operation am Hals.
54 „	Einführung in die Jugularis.
11 „ — „	Anfang der Operation am Bauch.
23 „	Einführung in die Vena cava abdominalis.
35 „	Einführung in die Aorta abdominalis.

Zeit.	Jugularis.
10 Uhr 55 Min.	14 Cm.
	39,01
	39,03
	18 Cm.
56 „	39,13
	39,10
	39,13
	39,10
	12 Cm.
57 „	38,63
	38,70
	Ein — steigt — fällt — aus
	Ein — steigt — fällt — aus
	Ein — steigt — fällt — aus
	38,70
	18 Cm.
58 „	39,10
	12 Cm.
11 „ 50 „	38,63
	38,67
51 „	38,70 *c.*
52 „	38,73
	16 Cm.
	38,73
	18 Cm.
52½ „	38,80
53 „	38,81
57 „	38,83
57½ „	38,90 *c.*

Zeit.	Cava abdominalis.
11 Uhr 24 Min.	12 Cm.
	38,67
	38,70
	14 Cm.
25 „	38,73
	15 Cm.
26 „	38,77
27 „	38,73
	12 Cm.
28 „	38,70
	16 Cm.
29 „	38,80 *c.*
	Aorta abdominalis.
	12 Cm.
36 „	38,63
	38,70 *c.*
	10 Cm.
38 „	38,70 *c.*
	16 Cm.
39 „	38,70 *c.*

Der Hund wurde mit Nicotin getödtet.

Der Versuch dauerte eine Stunde. Während dieser Zeit hatte die Temperatur des Blutes im rechten Ventrikel um 0,20° — 0,23° abgenommen, allein trotz dem wurde der rechte Ventrikel am Ende des Versuches noch um 0,20° wärmer gefunden, als vorher das Blut der Aorta in der Brusthöhle.

Auch die Temperatur des Blutes in der Vena cava zeigte sich um 0,10° wärmer, als die des Blutes der Aorta, obgleich es wegen der dünneren Wandungen und des gröfseren Umfangs der Vene bei der Eröffnung des Unterleibes und der Einführung des Thermometers der Abkühlung viel stärker ausgesetzt sein mufste. Dafs die Temperatur der Vena cava vor und während der Einführung des Thermometers wahrscheinlich etwas gesunken war, erkennt man daran, dafs ihre Temperatur die später im rechten Ventrikel gefundene nicht erreichte. Sie konnte sich nach dem Zunähen des Bauches wieder zu ihrer normalen Höhe erhoben haben. Schwankungen wurden in der Vena cava inferior nicht bemerkt, sondern nur allmäliges Steigen der Temperatur bei tieferer Einführung.

Bei diesem Versuche wurden die Temperaturen beider Blutarten an Orten gemessen, welche ihrer Lage nach der äufseren Abkühlung nicht zugänglich waren und während in der oberen Körperhälfte und allen Baucheingeweiden die Circulation ungestört vor sich ging. In den unteren Extremitäten und dem Becken war die Circulation zwar unterbrochen, allein dieser Umstand konnte nicht störend auf den oberen Kreislauf einwirken, weil die den unteren Körpertheilen zukommende Blutmenge durch die Unterbindung der Cava und Aorta abdominalis in denselben zurückgehalten wurde.

Wir haben also bei unserem Versuche ein Resultat erhalten, welches im Verein mit den früher gefundenen Resultaten die Annahme, das venöse Blut solcher Theile, die vor der Abkühlung geschützt sind, sei wärmer, als das arterielle, vollkommen rechtfertigt.

In Bezug auf die Temperaturschwankungen in der Jugularis wurde neben dem schon früher bemerkten Verhalten oberhalb des Vorhofes, eine Zeit lang deutlich beobachtet, wie das Steigen und Sinken der Temperatur innerhalb des Vorhofes in die Dauer der Inspiration fiel, so dafs das Quecksilber während derselben den höchsten Punkt erreichte und mit dem Anfange der Exspiration wieder sank.

Die Erfahrungen, welche wir im Verlaufe dieser Untersuchung gemacht haben, lassen sich unter drei Gesichtspunkte zusammenfassen. Wir haben zuerst die Veränderungen der Temperatur an einer und derselben Stelle des arteriellen oder venösen Systems, dann das Verhalten, welches die Temperatur des Blutes an verschiedenen Stellen desselben Systems darbietet und zuletzt die Differenzen in den Temperaturen der beiden Blutarten unter einander zu berücksichtigen.

Betrachten wir zuerst die Veränderungen, welche die Temperaturen eines Systems an derselben Stelle zeigen, so bemerken wir in dem Venensysteme regelmäfsige Schwankungen der Temperatur (1) mit den Athemzügen. Sie traten innerhalb der Brust- und Bauchhöhle in den gröfseren Venenstämmen, mit Ausnahme der Vena cava abdominalis auf. Beobachtet wurde folgendes :

In der Vena cava superior verhielten sich die Schwankungen gewöhnlich in der Weise, dafs gegen das Ende der Inspiration das Steigen und in dem Intervall zwischen In- und Exspiration der höchste, gegen das Ende der Exspiration das Fallen und nach der Exspiration der tiefste Stand beobachtet wurde. Wir hätten also dieses Schema :

Maximum. Maximum.
Minimum. Minimum.
Inspiration — Exspiration — Inspiration — Exspiration.

Die Schwankungen wurden nur bei regelmäfsigem Ein- und Ausathmen vollkommen regelmäfsig beobachtet; sie waren dann immer von derselben Gröfse, 0,07° bis 0,10°. Wenn die Thiere den Athem eine Zeitlang durch Verschliefsung der Stimmritze, bei gleichzeitiger Brust- und Bauchpresse an sich hielten, wurden häufig gar keine Schwankungen bemerkt, allein wenn sie kurz und schnell aus- und gleich darauf wieder tief einathmeten, so war die Schwankung gröfser als sonst. Ein Fall dieser Art wurde innerhalb des rechten Ventrikels bei dem Versuche XIII beobachtet.

Maximum	Minimum	Maximum
36,47° *c.*	36,30°	36,50.

angehaltener Athem — kurzes Ausathmen — tiefe und lange Inspiration.

Hier fiel das Minimum der Schwankung in die erste Hälfte der Inspiration und erst nach der Inspiration, in dem Intervall zwischen dieser nnd der nächsten Exspiration, trat das Maximum ein. Dieses von dem Verhalten in der Cava superior etwas verschiedene

(1) Es könnte ein Bedenken aufkommen, als wenn das Auftreten von Schwankungen hier von der Compression des Quecksilbercylinders durch den bei der In- und Exspiration verschiedenen Blutdruck herrühren könne. Diese Vermuthung wird indessen durch mehrere Umstände widerlegt. Zuerst kommen die Schwankungen blos in dem venösen System, und nicht in der Aorta vor, wo sie, wenn sie von dem wechselnden Blutdrucke abhingen, noch stärker sein müfsten; sodann treten sie innerhalb des rechten Ventrikels nicht auch mit den Herzcontractionen, sondern nur mit den Respirationsbewegungen auf; endlich fällt das Steigen des Quecksilbers in den meisten Fällen nicht mit der Exspiration, wo der Druck in der Brusthöhle am stärksten ist, sondern mit der Inspiration zusammen, wo der Druck geringer wird.

Schwankungen der Quecksilbersäule durch Druck auf den Cylinder konnten nur dann von bemerklicher Gröfse künstlich hervorgebracht werden, wenn man den Boden des Quecksilbercylinders auf die Ventrikelwandung aufstiefs, oder von aufsen mit dem Finger darauf klopfte, so dafs die Ventrikelwandung den Stofs vermittelte. Diese Schwankungen waren von den durch die Temperatur bewirkten deutlich zu unterschciden.

Eintreten des höchsten und tiefsten Standes wurde immer beobachtet, wenn sich das Thermometer im rechten Ventrikel befand. Versuche XIII, XVI.

Im Vorhof stieg und fiel das Quecksilber während der Dauer der Inspiration, so dafs der höchste Stand mit der Inspiration, der tiefste an dem Ende derselben, vor der Exspiration abgelesen wurde. Versuch XVII.

Bei kurzen und schnell auf einander folgenden Athemzügen wurden die Schwankungen klein, undeutlich und verschwanden oft ganz. Als Beispiel diene ein verunglückter Versuch an einem vierjährigen Schafe.

Zeit.	Jugul. dextra.	
10 Uhr 19 Min.	18 Cm.	
20 „	39,68	Scheinbar Oscillationen bei jedem Herzschlag, um 0,04°.
	39,60	
21 „	39,64	
	39,60	
	39,72	
37 „	20 Cm.	Sehr beschleunigte Respiration,
38 „	39,04	78 Athemzüge in der Minute. Oscillirt um 0,02 bei jedem Athemzug.
41 „	39,60	Ohne Oscill., oder wenigstens sehr schwach.
	39,52	Mit etwas deutlicheren Oscillationen.

Hier wurden auch kurze Zeit scheinbar mit dem Herzschlag wechselnde kleine Schwankungen bemerkt, ohne dafs aber ihr Auftreten genauer bestimmt werden konnte.

In der Nähe der Vena cava abdominalis wurden bei dem Versuche XII, wo der Thermometer wenigstens 30 Cm. tief eingeführt war, keine Schwankungen mehr beobachtet.

Bei dem Versuche XV wurde diese Beobachtung wiederholt; an diesen Stellen war zugleich die Temperatur am höchsten.

In der Vena iliaca verhielten sich die Schwankungen anders. Das Steigen und Fallen ging hier in entgegengesetzter Weise vor sich, wie in der Brusthöhle, nämlich die Maxima traten nach der Exspiration, die Minima nach der Inspiration auf. Die Gröfse der regelmäfsigen Schwankungen war, wo solche beobachtet wurden, dieselbe wie in der Brusthöhle.

Wenn das Thermometer bei tieferer Einführung, oder an derselben Stelle eine Zeit lang stieg, was bei weniger regelmäfsigem Athmen eintrat, so stiegen entweder Maxima und Minima in gleichem Verhältnifs, oder das Quecksilber stieg im Thorax mit der Inspiration, in der Bauchhöhle nach der Exspiration und fiel dann bei der entgegengesetzten Athembewegung nicht wieder. Bei ungleichmäfsigem kurz andauerndem Sinken übernahmen die Minima die Rolle, welche die Maxima beim Steigen eingenommen hatten.

Wir wollen, um die Ursache dieser auffallenden Erscheinung von Schwankungen zu ermitteln, kurz den Einflufs der Respirationsbewegungen auf den venösen Kreislauf betrachten.

Bei der Inspiration wird der Raum des Mediastinums erweitert und die Cava thoracica adscendens, sowie der rechte Vorhof und die Cava descendens können mehr Blut aufnehmen, als bei der Exspiration. Zugleich wird durch das Zwergfell ein Druck auf den Unterleib ausgeübt, der sich auf die Cava abdominalis fortpflanzen mufs. Durch die Erweiterung des Thorax und das Herabsteigen des Zwergfells entsteht also gleichzeitig eine Raumvergröfserung in der Brust und eine Raumverminderung im Unterleib, das Blut der Vena cava abdominalis sucht dem Drucke auszuweichen und ergiefst sich in die Cava thoracica adscendens und den rechten Vorhof, wo ihm durch die Raumvergröfserung des Thorax mehr Platz geboten wird, in gröfserer Menge, als während der Exspiration. Bei der Inspiration wird zwar auch der Abflufs des Blutes der Cava descendens in den rechten Vorhof erleichtert, allein die Menge des Blutes, die aus der Cava abdominalis in den rechten Vorhof einströmt, ist im Verhältnifs zu dem von oben kommenden Blute gröfser, als bei der Exspiration, und aufserdem entleert sich auch das Blut der Cava superior schon im Anfange der Inspiration in den rechten Vorhof, während die gröfsere Menge des von unten kommenden Blutes erst gegen das Ende des Herabsteigens des Zwergfells in denselben eintreten kann.

Während der Exspiration, wo der Druck des Zwergfells aufhört, wird der Raum der Unterleibshöhle wieder vergröfsert, und es mufs ein Zuströmen des Blutes von allen Seiten nach der Cava abdominalis entstehen, wodurch momentan eine bedeutende Verminderung des Blutzuflusses aus derselben nach dem Herzen hervorgebracht werden mufs.

Die Exspiration vermindert durch die Raumverkleinerung im Thorax zwar auch den Blutzuflufs aus der Cava descendens, allein dafür mufs das Blut derselben den durch das verzögerte Einströmen des Blutes von unten freigewordenen Raum gewinnen und einen gröfseren Theil des Vorhofs ausfüllen, als bei der Inspiration, wo ihm die Blutwelle aus der Cava abdominalis entgegenwirkt.

Dieser Darstellung entsprechend würde gegen das Ende der Inspiration der Vorhof hauptsächlich vom Blute der Cava abdominalis, welches wärmer ist, als das der Cava descendens, angefüllt, und diese Anfüllung würde am Ende der Inspiration ihr Maximum erreicht haben. Bei der Exspiration träte dann hauptsächlich Blut aus der Cava descendens in den Vorhof, welches mit dem Anfange der Inspiration wieder entleert wird.

Es würde also das Maximum jeder Temperaturschwankung im Herzen durch das Uebergewicht einer Blutwelle aus der Cava abdominalis, das Minimum durch das Uebergewicht einer Blutwelle aus der Cava descendens hervorgebracht, indem die Mischung der Zuflüsse aus diesen verschiedenen Quellen je nach dem Vorherrschen der einen oder der andern eine höhere, oder weniger hohe Temperatur erhielte.

Die geringe Tiefe der Einsenkung des Thermometers, bei welcher die Schwankungen schon beobachtet werden, zeigt, dafs sich der Einflufs der Blutwelle von unten bis in die Cava descendens, und sogar bis an das untere Ende der Jugularis dextra erstreckt.

Für diese Erklärung sprechen die angeführten Beobachtungen. Bei kurzen Athemzügen müssen die Schwankungen klein werden, weil im Verhältnifs kleinere Blutmengen aus der Abdominalis in die Brusthöhle eintreten, und die Mischung mit dem vorhandenen Blute daher früher und schneller vor sich geht, und weil die Temperatur des gleichmäfsiger aus der Cava descendens kommenden Blutes in der Mischung vorherrscht.

Bei sehr tiefen und langen Athemzügen mufs ausschliefslich das Blut der unteren Hohlvene vorherrschen, das Maximum wird also höher. Wird der Athem angehalten, so wird der Blutzuflufs aus der unteren Hohlvene verlangsamt, und das aus derselben kommende Blut steigt nicht höher, als bis in den unteren Theil des Vorhofs und mischt sich in diesen schnell und gleichmäfsig in einem kleinen Raume mit dem von oben kommenden. Es kommt nun darauf an, ob man sich in dem oberen, oder dem unteren Strome befindet, um eine höhere oder niedrigere Temperatur zu erhalten, die dann nicht, oder nur in sehr geringem Grade schwankt.

Das nach den Orten verschiedene Zusammentreffen der Maxima und Minima mit den Zeiten der Respirationsbewegungen läfst sich aus dem Vorausgegangenen leicht erklären. Im Ventrikel kam das Minimum auf den Anfang der Inspiration, wo das kältere Blut der Cava superior, welches sich während der Exspiration angehäuft hatte, zuerst in den Ventrikel gelangte. Das Verhalten im Vorhof erklärt sich ähnlich. Hier tritt das Steigen eher ein als im Ventrikel, weil das Blut aus der Vena cava inferior eher in den Vorhof einströmt, als in den Ventrikel. In der Cava superior tritt das Maximum erst mit dem Ende der Inspiration ein, weil die Einwirkung der unteren Blutwelle auf das Blut der Cava superior dann am stärksten ist.

Die Schwankungen in der Vena iliaca lassen sich auf ähnliche Weise erklären. Während der Exspiration entsteht ein allgemeiner Zuflufs aus allen zuführenden Venen nach der Cava abdominalis, diese füllt sich und die zuführenden Venen füllen sich ebenfalls mit einer Mischung aus den verschiedenen in sie eintretenden Blutquellen. Wir werden also am Ende der Exspiration die höchste Anfüllung und mit ihr eine mittlere Temperatur erhalten, welche dem Maximum der Schwankung entspricht. Der bei der folgenden Inspiration durch die Eingeweide ausgeübte Druck bedingt ein schnelles Entleeren des angesammelten Blutes nach der Brusthöhle und der Vena cava hin, wodurch das gleichmäfsig zufliefsende Blut aus den Extremitäten und den unter der Haut liegenden Venen nun das Uebergewicht erhält, welches mit dem Anfang der Exspiration, also nach der Inspiration, am gröfsten wird, wo dann das Minimum der Schwankung eintritt. Wenn sich mit der vollendeten Exspiration die gleichmäfsige Mischung wieder hergestellt hat, so steigt die Quecksilbersäule wieder.

Im arteriellen Systeme wurden an derselben Stelle keine oder nur undeutliche Schwankungen beobachtet, die Temperatur war constant. Wo Differenzen vorkamen, waren dieselben nur sehr klein, 0,01 — 0,06 und zeigten sich in der Weise, dafs jede Temperatur eine Zeit lang constant blieb, und dann allmälig der folgenden Platz machte. Eine Regel konnte leider nicht beobachtet werden, allein wenn wir die Beobachtungen im venösen System mit denen des arteriellen vergleichen, so haben wir im Versuche XIII, Reihe 2, 3, 5, 6 vielleicht einen Anhaltspunkt, um die Differenzen des arteriellen Systems daraus zu erklären.

In den genannten vier Versuchsreihen waren die Temperaturen beider Blutarten constant und die des Blutes im rechten Herzen war im Mittel aus zwei regelmäfsigen Schwankungen 36,36°, also um 0,04° höher, als das Mittel aus allen Temperaturen des arteriellen Systems, 36,32°, in dem linken Herzen und der Aorta. Wir bemerken nun, dafs in der Reihe 5 innerhalb 4 Minuten bei unregelmäfsigem Athmen das Mittel der vier letzten Beobachtungen (36,42°) um 0,06° höher ist, als das der sechs ersten bei regelmäfsigem Athmen. Wir haben also hier im rechten Herzen zwei Minuten lang eine höhere Temperatur, als in den vorhergehenden zwei Minuten, und diese Differenz mufste sich in kurzer Zeit auch im linken Herzen bemerklich machen.

Beachten wir aufserdem, dafs der höchste Stand im linken Herzen in diesen Reihen um 0,04 höher ist, als der tiefste, und dafs die höchsten Maxima im rechten Herzen 36,47° und 36,50°, im Mittel um 0,08° höher sind, als die normalen, 36,40°, so haben wir unter den höchsten Ständen beider Systeme etwa dieselbe Differenz, wie unter den mittleren gefunden.

Es wird hieraus wahrscheinlich, dafs die von Zeit zu Zeit an derselben Stelle in dem arteriellen System beobachteten Differenzen eine Folge der im rechten Herzen zu derselben Zeit oder kurz vorher herrschenden höheren oder niedrigeren Temperaturen seien. Wir sehen diese Vermuthung in dem Resultate des Versuches XVI, während der Hund verblutete, bestätigt, indem hier die Temperatur des Blutes im linken Ventrikel immer erst später dieselbe Höhe erreichte, welche das Blut des rechten Ventrikels zu einer bestimmten Zeit besafs.

Auch die gröfsere oder geringere Abkühlung in den Lungen, bei häufigerem oder weniger häufigem Athmen, mag an diesen Differenzen Theil haben.

Es erklären sich hieraus die während des Verblutens im arteriellen Systeme häufiger wechselnden und gröfseren Temperaturunterschiede, da bei der verschiedenen Geschwindigkeit und Tiefe der Athemzüge zuletzt Blutmengen von häufig wechselnder Gröfse durch die Lungen getrieben werden mufsten, die deshalb auch nicht gleich stark abgekühlt werden konnten.

Die Temperaturverschiedenheiten im Venensysteme lassen sich in dem Satze zusammenfassen, dafs die Temperatur des venösen Blutes in den gröfseren, von den Extremitäten und dem Kopfe kommenden Gefäfsen steigt, je näher man der Vena cava abdominalis kommt.

Bei dem Versuche X fanden wir die Temperatur des Blutes der unteren Hohlvene nach dem Tode um 0,80° höher, als die des Blutes in der Nähe des rechten Herzens, während das Thier lebte. Bei den Versuchen XII und XVI wurde deutlich ein Steigen der Temperaturen im Vorhof und Ventrikel beobachtet, wenn man durch einen Druck auf den Bauch eine gröfsere Menge Blut aus der Vena cava inferior nach dem Herzen beförderte.

Bei den Versuchen XV und X stiegen die Temperaturen nicht mehr, als sich das Thermometer in der Vena cava inferior befand.

Die Versuche XIII, XIV, XVI, welche zu einer Uebersicht allein brauchbar sind, da wir die Tiefe der Einführung und die Beobachtungszeiten, sowie das Verhalten der Temperaturen während der Dauer des Versuches hier kennen, geben bei einer Vergleichung der Temperaturen innerhalb der Thorax folgende Resultate :

	Tiefe.	Temperatur. Mittel.	Differenz.	Differenz auf 2 Cm.
Versuch XIII. Reihe 5 und 6.				
Cava superior?	12 Cm.	35,98		
	14	36,02	0,12	0,06
Vorhof	16	36,10	0,35	
Rechter Ventrikel	18	36,37	0,27	0,13 — 0,16
	20			
Versuch XIV.				
Cava superior	12	36,98	0,16	0,08
Vorhof	16	37,14		
Versuch XVI.				
Cava superior	11	38,97	0,20	0,08
Am Vorhof, 9U.59 — 10U.5.	16	39,17		
Am Vorhof, 10U.20—11U.5.	16	38,81	0,40	0,13 — 0,20
Ventrikel, 10U.20—11U.5.	20	39,21		
	22			

Trotz der geringen Anzahl von Beobachtungen, welche uns für unseren Zweck zu Gebote stehen, lehrt uns doch die Uebereinstimmung der Temperaturunterschiede zwischen

etwa denselben Punkten bei den verschiedenen Hunden, dafs im Bereiche der Vena cava superior, wohin sehr wenig Blut aus der Cava inferior gelangen kann, die Differenzen auf kleine Entfernungen sehr gering sind, 0,06° — 0,08°. Im Vorhof, wo die beiden Blutarten sich zu mischen anfangen, betragen sie auf die gleichen Entfernungen bedeutend viel mehr (0,13° — 0,20°), das heifst, die Temperatur nimmt bedeutend schneller zu, weil die Zuflüsse, welche in die Mischung eintreten, weit auseinander liegende Temperaturen haben, und weil die Mischung im Vorhofe noch nicht vollendet wird, sondern das Blut der Cava inferior vorherrscht, je weiter man nach dem Ventrikel zu kommt.

Dasselbe Steigen der Temperatur nach der Cava abdominalis zu finden wir in der Vena iliaca :

	Entfernung von der Cava.	Tiefe vom Schenkelring.	Temperatur. Mittel.	Differenz auf 2 Cm.
Versuch XIV.	2 Cm.	16 Cm.	38,11	
	4	14	37,97	0,14°
	6	12	37,86	0,11
	12	6	37,59	0,09
	15	3	37,20	0,14
	18	0	37,80 (1)	
Versuch XV.				
		16	38,52	
		12	38,63	
		10	38,40	0,23

allein diese Zunahme ist bei unseren Versuchen doch nicht so stetig, dafs wir über den Grad derselben einen bestimmten Schlufs aufstellen könnten. Der gehinderte Zufluſs aus der Vena cruralis, die für den Versuch unterbunden werden mufste, sowie die im Verhältnifs zur Vene ziemlich grofse Dicke des Thermometers mit seinem Gitter, mögen wohl Hemmungen und Veränderungen der Circulation in der Vene bewirkt haben, welche die Reinheit des Resultates beeinträchtigten. Es ist für die specielle Bestimmung der Temperaturzunahme nach der Vena cava abdominalis hin jedenfalls eine gröfsere Anzahl verschiedenartig modificirter Versuche nothwendig. Für jetzt müssen wir uns mit dem allgemeinen Resultate begnügen.

Es geht aus allen Versuchen wenigstens das mit Bestimmtheit hervor, dafs das Venenblut der Extremitäten bei weitem nicht so warm ist, als das gemischte Blut in der Vena cava abdominalis und im rechten Herzen.

---

(1) Diese hohe Temperatur am Anfang der Iliaca erklärt sich durch das Nachstürzen des Blutes aus der Cava beim Ausziehen des Thermometers.

Die Differenzen, die das arterielle Blut in verschiedenen Entfernungen vom Herzen zeigte, sind viel kleiner, so dafs wir solche bis auf eine Entfernung von 6 Cm. vom Herzen in der Aorta gar nicht annehmen können. (Versuch XIV, Reihe II, XIII, Reihe 1, 2, 3.) In einer Entfernung von 6 Cm. vom Herzen betrugen sie in der Arteria anonyma beim Versuche XIII, Reihe 2, 0,10°—0,14°. In der Carotis, oberhalb des Sternums, betrug die Differenz bei dem Versuche XIV, wenn wir die beiden zunächst auf einander folgenden Beobachtungen der wenigst tiefen Einführung und der Einführung bis auf 12 Cm. Tiefe vergleichen, schon 0,50°. Hier treten indessen schon die Einflüsse der Abkühlung nach aufsen und der Behinderung der Circulation durch das Thermometer ein, welche die Differenz vergröfsern mufsten.

Beim Herausziehen des Thermometers bemerkte man immer bis unter den Rand des Sternums keine Temperaturabnahme, hier folgte der Thermometerkugel dasselbe Blut, welches sie in der Aorta umgeben hatte.

Ueber die Differenzen der beiden Blutarten unter einander fanden wir Folgendes:

An todten Thieren wurde die Temperatur im rechten Ventrikel einmal um 0,16° höher gefunden, als im linken (Versuch VI), und in zwei Versuchen wurden die Temperaturen der beiden Ventrikel gleich hoch gefunden, Versuch VII, VIII.

Die Temperatur des Blutes der Vena cava abdominalis wurde am todten Thiere nach Oeffnung des Thorax um 0,72° höher gefunden, als während des Lebens im Brusttheil der Carotis (Versuch X).

Bei dem Versuch XV können wir aus einem Vergleiche der Beobachtungen keinen Schlufs ziehen, da die Temperaturen augenscheinlich im Zu- und Abnehmen begriffen waren. Es steht blos die Thatsache fest, dafs bei der Einführung des Thermometers in die Vena cava adscendens die Temperatur des venösen Blutes in der Gegend des Herzens und tiefer dem höchsten Thermometerstand im linken Herzen gleich kam.

Der Versuch XIV giebt uns schon eher vergleichbare Resultate. Aus den Beobachtungen in dem rechten Herzen und 50 Minuten später in der Vena iliaca sehen wir, dafs die Temperatur des venösen Blutes im Ganzen constant geblieben war und in der Beobachtungsreihe des linken Herzens wurde ebenfalls kein Sinken der Temperatur bemerkt. Die Vergleichung der beiden ersten Beobachtungsreihen bei 16 Cm. Tiefe ergab bei ruhiger Respiration das kleinste Minimum der Schwankung des venösen Blutes, 37,10°. gleich dem tiefsten Stand des arteriellen Blutes, während die mittleren Stände im rechten Herzen den höchsten im linken gleich kamen, und der höchste Stand im rechten Herzen den höchsten des linken noch um 0,07° übertraf.

Dasselbe Verhältnifs fanden wir zwischen den Thermometerständen im linken Herzen und der Vena Iliaca bei der tiefsten Einführung.

Hieraus ging eine um etwas höhere Temperatur des Blutes im rechten Herzen und der Vena cava gegenüber dem arteriellen Blute hervor.

Im Versuche XIII fanden wir bei constantern Temperaturen während einer halben Stunde, die des arteriellen Blutes im linken Herzen im Mittel aus allen Beobachtungen

36,32°,

die des venösen Blutes im Mittel aus allen Beobachtungen

36,37°,

und es wurde also das Blut des rechten Herzens eine halbe Stunde lang um 0,05° wärmer, als das arterielle gefunden.

Hierbei ist zu beachten, dafs der niedrigste Thermometerstand des Blutes im rechten Herzen, der blos einmal beobachtet wurde,

36,30° (Reihe 5)

dem niedrigsten im linken Herzen gleichkam, während die Minima der regelmäfsigen Schwankungen so hoch und höher waren als die mittleren Thermometerstände des arteriellen Blutes, und die regelmäfsigen Maxima die höchsten Stände im linken Herzen übertrafen. Bei unregelmäfsigen Athembewegungen erhielten wir sogar Differenzen von 0,13° und 0,16°, indem die höchste arterielle Temperatur

36,34°,

die höchsten venösen Temperaturen

36,47° und 36,50°

gefunden wurden.

Wenn man die niedrigsten arteriellen Stände mit den höchsten venösen Temperaturen vergleicht, kann man sogar die Differenzen von 0,17° und 0,20 erhalten.

In den Reihen 1, 2, 4, 5 dieses Versuches haben wir ein Beispiel, wie schnell die Temperaturen eines Thieres sinken können; die anfängliche arterielle hatte in einer halben Stunde um 0,78°, die anfängliche venöse in kürzerer Zeit um 0,50° abgenommen, wenn wir hier die regelmäfsigen Maxima vergleichen.

Bei diesem Versuche wurde also, wie bei dem Versuche XIV, das Blut des rechten Herzens wärmer, als das des linken gefunden, und die Beobachtung hat um so mehr Gewicht, da dieses Verhältnifs während einer halben Stunde constant blieb.

Bei dem Versuche XVI fanden wir bei gleichmäfsig sinkenden Temperaturen im Laufe einer Stunde eine constante Differenz zwischen dem Blute des rechten und linken Herzens, die viel gröfser war, als bei dem Versuche XIII. Sie betrug, wenn man die Mittel der in der angegebenen Zeit in beiden Herzen herrschenden Temperaturen verglich,

höhere Temperatur des venösen Blutes

0,19°.

Die bedeutende Gröfse dieser Differenz, gegenüber der bei dem Versuche XIII erhaltenen, läfst sich bis jetzt aus den gegebenen Verhältnissen nicht erklären. Es sind dazu fortgesetzte Beobachtungen an Hunden verschiedenen Alters und verschiedener Gröfse nothwendig. Vielleicht hat man die Ursache derselben zum Theil in der viel höheren

Temperatur des letzten Hundes zu suchen. Die Mittel aus den Beobachtungen bei constanter Temperatur bei dem Versuche XIII waren in dem

rechten Ventrikel	linken Ventrikel
um 2,84°	um 2,70°

niedriger, als die Mittel aus allen Beobachtungen des Versuches XVI in den beiden Ventrikeln. Man müfste, um ein sicheres Urtheil zu erhalten, den Grad der Sättigung der Luft mit Wasserdampf und die Temperatur der Luft, welche bei unseren Versuchen blos im Allgemeinen beachtet wurde, mit in Rechnung ziehen.

Auf jeden Fall können wir die Gröfse der Differenz bei dem Versuche XVI bei der ruhigen Respiration des Hundes einer abnormen, oder nur vorzugsweisen Abkühlung in den Lungen nicht zuschreiben, wir müssen dagegen das Vorhandensein einer Differenz überhaupt als eine normale Erscheinung ansehen.

Der Versuch XVII zeigte uns durch unmittelbare Beobachtung, dafs das Blut der Cava inferior eine höhere Temperatur besitzt, als das arterielle Blut in der Aorta thoracica.

Fassen wir alle gewonnenen Thatsachen zusammen, so ergeben sich einige für die Bestimmung des Ortes der Wärmebildung und für die Mischung des Bluts aus den verschiedenen Theilen des Körpers wichtige Folgerungen daraus.

In den Fällen, auf welche wir besonderes Gewicht legen müssen, fanden wir das Blut des rechten Herzens und der Vena cava inferior nicht etwa vorübergehend, sondern dauernd, und ohne dafs wir eine äufsere Ursache für den auftretenden Unterschied hätten annehmen können, etwas wärmer als das des linken.

Das Blut der Vena cava inferior war ferner wärmer, als das gemischte Blut des rechten Herzens, was sich allein schon aus dem Steigen der Temperatur im Ventrikel bei Druck auf den Bauch und aus den regelmäfsigen Schwankungen ergeben würde.

Das venöse Blut aus den Extremitäten war dagegen kälter, als das gemischte Blut im rechten Herzen und der Cava inferior.

Berücksichtigen wir, dafs das Blut der Vena cava inferior ebenfalls aus dem Blute der unteren Extremitäten und der Bauch- und Beckeneingeweide gemischt ist, und dafs das Blut der unteren Extremitäten kälter ist, als das Blut der Vena cava, so ergiebt sich, dafs das in den Organen des Beckens und des Unterleibs erzeugte venöse Blut eine noch höhere Temperatur besitzen mufs, als die Mischung in der Vena cava, und also auch eine höhere als das Blut des linken Herzens. Nehmen wir nun auch an, dafs das arterielle Blut, wenn es in die Capillargefäfse der Organe des Unterleibs eintritt, dieselbe Temperatur habe, wie im linken Herzen, so mufs diese doch in dem Capillarsystem noch zunehmen, da wir das Blut von den Venen wärmer wieder herausgeführt werden sehen, als es hineingetreten ist. Es mufs also in dem Capillarsysteme der Organe des Unterleibs Wärme erzeugt werden. Man könnte vermuthen, dafs in unsern Fällen, wo wir eine fortschreitende Abkühlung ein-

treten sahen, die Wärme des venösen Blutes der Cava inferior noch von dem früheren Normalzustande her zurückgeblieben sei, wegen der geschützten Lage der Unterleibsorgane; allein wenn dieses der Fall wäre, so mufste der Vorrath mit dem Eintreten constanter Temperaturen (Versuch XIII) verbraucht sein, weil sonst die Temperaturen noch nicht constant hätten werden können, sondern entweder ab- oder zugenommen haben würden.

Eine ähnliche Folgerung auf die Bildung von Wärme in der Peripherie läfst sich aus dem Steigen der Temperaturen des Blutes in beiden Herzkammern beim Verbluten der Thiere ableiten.

Wenn das arterielle Blut aus der Carotis ausströmt, so wirkt die Druckkraft des Herzens fortwährend in zunehmendem Grade schwächer, bis sie zuletzt ganz aufhört, während die Menge des arteriellen Blutes im grofsen Kreislaufe immer geringer wird. Aufserdem finden wir zwischen dem Blute des rechten und linken Herzens dieselbe Temperaturdifferenz, wie vor dem Verbluten, das Blut im rechten Herzen ist wärmer, als das im linken. Wenn wir daher die Temperatur des Blutes zuletzt höher werden sehen, als vor dem Verbluten, so kann die Ursache, welche das wärmere Blut zuführt, nicht innerhalb des arteriellen Systems und der Lungen liegen.

Auf der andern Seite beobachten wir dagegen, dafs durch das Verbluten aus einer Arterie der venöse Kreislauf begünstigt wird. Wenn der Widerstand, welchen das circulirende Blut zu überwinden hat, durch Oeffnen der Carotis fortwährend kleiner wird, so vergröfsert sich, so lange die Blutmasse noch hinreicht, das Gefäfssystem auszufüllen, die Schnelligkeit des Blutlaufs in den grofsen Venenstämmen und durch die Lungen nach dem Gesetze, dafs beim Ausflusse des Blutes aus einem geöffneten Gefäfse die Stromschnelle in den zuführenden Theilen vergröfsert wird. Hiermit stimmt die zunehmende Anzahl der Herzpulsationen während des Verblutens überein. Die Blutmenge, welche im Augenblicke des Oeffnens der Carotis sich in der Peripherie befindet, besitzt anfangs noch die ihr vorher mitgetheilte Geschwindigkeit, und diese mufs, wenn auch der Druck von den Arterien her schon scwächer geworden ist, mit der Vermehrung der Geschwindigkeit in den grofsen Venen ebenfalls zunehmen.

Hierzu kommt noch der Einflufs der elastischen und contractilen Gewebstheile in den kleineren Arterien auf den Kreislauf. Je geringer der Druck des Herzens wird, um so stärker ziehen sich diese zusammen und entleeren ihren Inhalt sowohl nach den gröfseren Arterienstämmen, wenn ihnen von da aus nichts mehr entgegenwirkt, als auch nach den Capillargefäfsen. Der Inhalt der Capillargefäfse wird auf diese Weise noch in die Venen getrieben, nachdem der Druck des Herzens schon aufgehört hat. Die bei dem Verbluten eintretenden tiefen Inspirationen müssen besonders das Zuströmen des Blutes aus der Vena cava inferior nach dem Herzen beschleunigen.

Durch alle diese zusammenwirkenden Ursachen mufs während des Verblutens aus der Carotis das Blut aus der Peripherie eine Zeit lang schneller nach dem Herzen gelan-

gen, als sonst. Die Abkühlung nach Aufsen mufs zugleich während des Verblutens durch die bei abnehmendem Herzdrucke eintretende Zusammenziehung der elastischen Gewebstheile der Haut und die dadurch bewirkte Entleerung der Capillargefäfse nach den Venen, wesentlich vermindert werden.

Wenn wir nun während des Verblutens im Herzen eine höhere Temperatur auftreten sehen, als vorher, während wir durchaus keinen Grund haben, anzunehmen, dafs irgendwo im Körper plötzlich eine höhere Temperatur erzeugt werde, so müssen wir schliefsen, dafs dieses darauf begründet sei, dafs die im normalen Zustande in der Peripherie erzeugte Temperatur wegen der gröfseren Schnelligkeit, mit welcher das venöse Blut den Weg zum Herzen zurücklegt, noch nicht so sehr durch die Abkühlung nach Aufsen gesunken ist, als dieses sonst der Fall gewesen sein würde.

Da nun diese Temperatur höher ist, als die des arteriellen Blutes vorher, so müssen wir ferner schliefsen, dafs die in dem Capillarsysteme während unseres Versuches erzeugte Temperatur höher sein mufste, als die durch die Sauerstoffaufnahme in den Lungen bewirkte.

Die vollkommene Mischung des Blutes aus der oberen und unteren Hohlvene geht, wie wir aus den regelmäfsigen Schwankungen im rechten Ventrikel gesehen haben, in diesem selbst noch nicht vollständig vor sich. Sie wird erst durch die ausgebreitete Vertheilung, welche jede kleine, bei einer einzelnen Herzcontraction in die Lungen getriebene Quantität Blut vermöge der Anordnung des Lungencapillarsystems erfährt, in diesem vollendet.

Es kann aber in Folge von Unregelmäfsigkeiten der Respirationsbewegungen vorkommen, dafs die Temperaturen der in das rechte Herz aufgenommenen Blutmenge in der Zeit von einigen Secunden um mehr als die gewöhnliche Schwankungsgröfse differiren.

Das Blut aus dem rechten Herzen geht durch die Lungen in das linke Herz, allein bis es diesen Weg zurückgelegt hat, vergeht immer eine kurze Zeit, da die Lungen während des Lebens immer mit Blut angefüllt sind, so dafs dieselben immer von dem bereits darin angehäuften Blute zuerst entleert werden müssen, ehe das zu einer bestimmten Zeit im rechten Herzen befindliche Blut in das linke gelangen kann. Die Temperaturdifferenzen des Blutes mehrerer aufeinanderfolgender Herzstöfse aus dem rechten Herzen können sich daher in den Lungen in der Weise ausgleichen, dafs sie im linken Herzen nur in viel kleinerem Mafsstabe, oder gar nicht mehr zu erkennen sind, da wir die in den Lungen auf die Temperatur des Blutes einwirkenden Einflüsse als constant betrachten können. Nur wenn während der Dauer mehrerer Athemzüge wärmeres oder kälteres Blut in das rechte Herz kommt, werden sich diese Differenzen im linken Herzen, obwohl in viel kleinerem Grade zeigen.

Da, wo wir längere Zeit hindurch constante oder gleichmäfsig ab- und zunehmende Temperaturen in beiden Blutarten beobachten konnten, haben wir im linken Herzen regel-

mäfsig eine um einige Hunderttheile, bis fast zwei Zehntheile eines Grades niedrigere Temperatur gefunden, als diejenige des im rechten Herzen aus den Zuflüssen der Vena cava superior und inferior gemischten Blutes betrug. Wir müssen hieraus schliefsen, dafs das Blut in den Lungen in der Regel eine geringe Abkühlung erleidet, die durch das Auftreten verschiedener, bis jetzt noch nicht näher ermittelter Einflüsse gröfser oder kleiner werden kann. Es mufs übrigens vorkommen können, dafs in dem rechten Herzen gleichzeitig eine etwas niedrigere Temperatur, als im linken gefunden wird, wenn nämlich das venöse Blut der Vena cava superior eine Zeit lang in gröfserer Menge, als das der Cava inferior in den rechten Vorhof einströmt, oder wenn durch andere Ursachen die Temperatur des venösen Blutes plötzlich zum Sinken gebracht wird, weil immer einige Zeit vergehen mufs, bis sich diese Veränderungen im linken Ventrikel zeigen. Wo wir ein andauerndes Sinken der Temperatur gefunden haben, war dieses in beiden Ventrikeln deutlich zu erkennen.